PENGARUH VARIASI PERSENTASE ZIRKON ($ZrSiO_4$) PADA KERAMIK MODERN TERHADAP KEAUSAN DAN SUSUT BAKAR

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

RINALDO GINTING SUKA
NIM. 145060201111082

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH VARIASI PERSENTASE ZIRKON ($ZrSiO_4$) PADA KERAMIK MODERN TERHADAP KEAUSAN DAN SUSUT BAKAR

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

RINALDO GINTING SUKA
NIM. 145060201111082

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 11 Juli 2018

DOSEN PEMBIMBING I	DOSEN PEMBIMBING II
Dr. Ir. Wahyono Suprapto, MT .Met.	**Bayu Satriya Wardhana, ST., M.Eng**
NIP 19551117 198601 1 001	**NIP 19841007 201212 1 001**

Mengetahui,
KETUA PROGRAM STUDI S1

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

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

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, 04 Juni 2018
Mahasiswa,

Rinaldo Ginting Suka
NIM. 145060201111082

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

JUDUL SKRIPSI:

PENGARUH PERSENTASE ZIRKON ($ZrSiO_4$) PADA KERAMIK MODERN TERHADAP KEAUSAN DAN SUSUT BAKAR

Nama Mahasiswa	: Rinaldo Ginting Suka
NIM	: 145060201111082
Program Studi	: Teknik Mesin
Minat	: Teknik Manufaktur

KOMISI PEMBIMBING

Pembimbing I	: Dr. Ir. Wahyono Suprapto, MT.Met
Pembimbing II	: Bayu Satriya Wardhana, ST., M.Eng

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1	: Dr. Eng. Moch. Agus Choiron, ST., MT.
Dosen Penguji 2	: Dr. Eng. Eko Siswanto, ST., MT.
Dosen Penguji 3	: Ir. Suharto, MT

Tanggal Ujian	: 04 Juli 2018
SK Penguji	: 1336/UN10.F07/SK/2018

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

Tulisan hasil perjuangan ini

dipersembahkan untuk :

Kepada kedua orang taua tercinta

Bapak Arusmin Ginting Suka

Dan

Ibu Rincan Br Tarigan

Serta ketiga saudara laki-laki saya

Satria Kencana Ginting Suka

Permana Ginting suka

dan

Rinaldi Ginting Suka

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya yang telah diberikan kepda Penulis sehingga skripsi yang berjudul "Pengaruh Variasi Persentase Zirkon ($ZrSiO_4$) Pada Keramik Modern Terhadap Keausan dan Susut Bakar" ini telah terselesaikan dengan baik. Skripsi ini dibuat untuk memenuhi syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, akan tetapi diharapkan segala usaha yang telah dilakukan dapat menjadi ilmu yang bermanfaat.

Selama proses penulisan dan penyelesaian skripsi ini, penulis banyak memperoleh bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tanpa bantuan dan dukungan yang didapat tidak mungkin skripsi ini dapat terselesaikan. Untuk itu penulis dengan tulus hati ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Djarot B. Darmadi, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah memberikan banyak bantuan dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Teguh Dwi Widodo, ST.,M.Eng.,Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Mesin, Universitas Brawijaya Malang.
3. Bapak Dr.Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT. selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah memberikan banyak bantuan dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, MSc.CSE selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Teknik Manufaktur yang telah memberikan banyak bantuan dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Ir. Hastono Wijaya, MT. Selaku Dosen Pembimbing Akademik saya yang telah meberi bimbingan selama ini.
6. Bapak Dr. Ir. Wahyono Suprapto, MT .Met. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan banyak bimbingan, bantuan, serta ilmu dalam penyusunan skripsi ini.
7. Bapak Bayu Satriya Wardhana, ST .,M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan banyak bimbingan, bantuan, serta ilmu dalam penyusunan skripsi ini.

8. Staf dari Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah melancarkan proses dari skripsi ini.
9. Kedua orang tua, abang-abang dan kakak ipar saya serta adik saya dan kakak dari penulis yang telah memberikan dukungan, bantuan, serta doa yang tak terhingga sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
10. Teman seperjuangan saya Ghana (gono), ikmal (meduro) dan Abdul haq dalam menyelesaikan skripsi ini, senang maupun susah kita jalani bersama.
11. Keluarga besar IKASAGI MALANG yang saya kasihi dan saya banggakan selalu mendoakan dan mendukung saya.
12. Teman seangkatan saya di PASKIBRAS SMA NEGERI 1 BERASTAGI A'15 yang tak henti-hentinya memberikan dukungan kepada saya.
13. Keluarga besar PERMATA MALANG yang selalu mendoakan saya serta memberi dukungan kepada saya.
14. Teman-teman M'14 yang namanya tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan dan bantuannya selama penyelasaian skripsi ini.
15. Kepada sahabat-sahabat saya Andre Herimethia, Try Maja Manik, Esra Emilianus Tarigan, Andre Doli, Hizri Khairani Nasution (Gembel), Yenny, Evita Lestari, Amelia, Elisa yang selalu ada ketika saya butuh penyemangat.
16. Kawan-kawan ku yang super bisa diandalkan Francius Tampubolon, Arif Soritua Sianturi, Bony Pasius Irvine dan Juan Pradifta.
17. Kepada personil geng kaca mata Ogip, Donald, Yodik yang selalu saya rindukan, terkhusus buat almarhum Rajes Kanna Barus yang sangat saya rindukan.

Akhir kata, semoga amal, bantuan, bimbingan dan doa yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Tuhan Yang Maha Esa. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun sangat di harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Malang, 20 Mei 2018

Penulis
(Rinaldo Ginting Suka)

DAFTAR ISI

Halaman

PENGANTAR ..... **i**
DAFTAR ISI ..... **iii**
DAFTAR TABEL ..... **v**
DAFTAR GAMBAR ..... **vi**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **vii**
RINGKASAN ..... **viii**
SUMMARY ..... **ix**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **5**
2.1 Penelitian Sebelumnya 5
2.2 Keramik 5
2.2.1 Jenis-Jenis Keramik 6
2.2.2 Bahan Baku Keramik 6
2.4 Sifat-Sifat Keramik 11
2.5 Keausan 13
2.5.1 Perhitungan Keausan 17
2.6 Densitas 17
2.7 Penyusutan 18
2.7.1 Kestabilan Dimensi 18
2.7.2 Perhitungan Susut Bakar 20
2.8 Proses Pembuatan Keramik Modern 21
2.9 Bahan Baku Tambahan 23
2.10 Pembuatan Gigi Tiruan Dari Keramik 24
2.11 .....
Pengujian Invitro 25
2.12 *Scanning Electrom Microscope* (SEM) 26
2.13 Hipotesis 26
BAB III METODE PENELITIAN **27**
3.1 Metode Penelitian 27
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian 27
3.3 Variabel Penelitian 27
3.4 Alat dan Bahan 28
3.4.1 Alat 28
3.4.2 Bahan 31
3.5 Skema Penelitian 32
3.6 Proses Pembuatan Spesimen 32
3.7 Dimensi Spesimen 33

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

3.8 Prosedur Penelitian 33
3.9 Rancangan Penelitian 34
3.10 Analisis Grafik 34
3.11 Diagram Alir Penelitian 35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 37
4.1 Analisis Data 37
4.1.1 Data Hasil Perhitungan Laju Keausan 37
4.1.2 Data Hasil Perhitungan Susut Bakar 39
4.2 Pembahasan Grafik 40
4.2.1 Grafik hubungan antara variasi persentase zirkon ($ZrSiO_4$) dan bahan baku pada keramik modern terhadap keausan keramik modern terhadap keausan. 40
4.2.2 Grafik hubungan antara variasi persentase zirkon ($ZrSiO_4$) dan Bahan baku pada keramik terhadap susut bakar. 42
4.2.3 Analisis Hasil Gigi Tiruan dengan Spesimen Gigi. 43
4.3 *Scanning Electrom Microscope* (SEM) 46
BAB V PENUTUP 47
5.1 Kesimpulan 47
5.2 Saran 47

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

No. Judul Halaman

Tabel 2.1 *Zirconium Bearing Minerals* 22
Tabel 2.2 *Physical Properties of* $ZrSiO_4$ 23
Tabel 2.3 Perbandingan Pembuatan Gigi Palsu 24
Tabel 3.1 Variasi persentase zirkon ($ZrSiO_4$) dan komposisi bahan baku terhadap Keausan dan Susut Bakar 34
Tabel 4.1 Massa Jenis Material Komposit pada Tiap Spesimen 38
Tabel 4.2 Data hasil perhitungan keausan 39
Tabel 4.3 Data hasil perhitungan terhadap susut bakar 40

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Bahan- bahan baku kerami	10
Gambar 2.2	Jenis-jenis mekanisme keausan	14
Gambar 2.3	*Pressure Casting*	19
Gambar 2.4	(a) Slip casting, (b) *injection molding*, (c) Extrusion	21
Gambar 2.5	Proses *Desifikasi*	21
Gambar 2.6	Zirkon ($ZrSiO_4$)	22
Gambar 3.1	Alat-alat ukur penelitian	30
Gambar 3.2	Peralatanproses	31
Gambar 3.3	Bahan baku pembuatan keramik	31
Gambar 3.4	Skema penelitian	32
Gambar 3.5	Desain specimen	33
Gambar 3.6	Diagram alir penelitian	35
Gambar 4.1	Grafik hubungan antara variasi persentase zirkon ($ZrSiO_4$) dan bahan baku Pada keramik modern terhadap keausan	40
Gambar 4.2	Foto jejak keuasan lelah yang terjadi di spesimen uji	42
Gambar 4.3	Grafik hubungan antara variasi persentase zirkon ($ZrSiO_4$) dan bahan baku pada keramik modern terhadap susut bakar	42
Gambar 4.4	(a) hasil speseimen uji, (b) hasil spesimen gigi tiruan, (c) gigi manusia	44
Gambar 4.5	Hasil foto SEM perbesaran 2000x, (b) Permukaan Gigi Asli dengan Perbesaran 3000x	45

DAFTAR LAMPIRAN

No Judul

Lampiran 1 Data hasil perhitungan laju keausan

Lampiran 2 Data hasil perhitungan susut bakar

Lampiran 3 Hasil foto jejak keausan lelah pada setiap specimen

Lampiran 4 Hasil foto SEM dengan perbesaran 3000x

Lampiran 5 Hasil gigi tiruan dari keramik

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

RINGKASAN

Rinaldo Ginting Suka, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juni 2018, *Pengaruh variasi persentase zirkon ($ZrSiO_4$) pada keramik modern terhadap keausan dan susut bakar,* Dosen Pembimbing: Wahyono Suprapto, Bayu Satriya Wardhana.

Keramik adalah campuran bahan anorganik (senyawa yang berasal dari mineral) dengan air dan dibakar sampai suhu kematangan (vitrifikasi). Tahapan - tahapan produk keramik dibuat yang baik melalui proses penggilingan, pembentukan, pengeringan dan pembakaran sampai suhu diatas 1000^{o}C selama 10 jam. Umumnya pembuatan keramik sering terjadi kerusakan yang disebabkan karena rendahnya kualitas green ceramic. Tanah liat yang sebelumnya bahan mentah diproses menjadi keramik, yang harus diperhatikan mengenai sifat dari keramik yaitu ukuran partikel serta distribusi (penyebaran) ukuran partikel yang mempengaruhi kerapatannya atau semakin banyak pori-pori yang terperangkap didalam permukaan keramik maka tingkat porositasnya semakin besar demikian pula kekerasan juga akan menurun.

Dalam penelitian ini untuk memperbaiki sifatnya, keramik di proses melalui kompaksi dengan alat penekan pada tekanan 200 kg/cm^2 dan dicampur dengan air, kaolin, silika, feldspar dan zirkon ($ZrSiO_4$), perbandingannya adalah spesimen dibuat 4 variasi dengan komposisi bahan yang berbeda-beda pada setiap spesimen dengan suhu pembakaran 1200^{o}C.

Hasilnya adalah semakin meningkat fraksi berat zirkon ($ZrSiO_4$) pada spesimen laju keausan makin menurun, keausan terendah ada pada spesimen keempat karena memiliki persentase zirkon sebesar 25% yaitu sebesar 0,0017 mm^3/Nm dan keausan tertinggi ada pada fraksi zirkon 10 % yaitu 0,0025 mm^3/Nm . Sedangkan susut bakar, semakin tinggi komposisi kaolin pada spesimen susut bakar semakin meningkat, susut bakar tertinggi ada pada spesimen pertama karna memiliki persentase kaolin sebesar 65% dan nilainya adalah 4,63 %, susut bakar terendah ada pada spesimen dengan persentase kaolin 50 % sebesar 1,84 %.

Kata kunci : keramik, keausan, susut bakar, suhu pembakaran, kaolin, zirkon ($ZrSiO_4$), green ceramic

repository.ub.ac.id

SUMMARY

Rinaldo Ginting Suka, *Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, Jun 2018, Effect of zircon percentage variation ($ZrSiO_4$) on modern ceramics to wear and shrinkage, Supervisor: Wahyono Suprapto, Bayu Satriya Wardhana.*

Ceramic is a mixture of inorganic materials (compounds derived from minerals) with water and burned to maturity temperature (vitrification). The steps of the ceramic product are made well through the process of grinding, forming, drying and burning to a temperature above 1000^oC for 10 hours. Generally the manufacture of ceramics is often the result of damage caused by low quality green ceramic. Clay which previously raw materials processed into ceramics, which must be considered about the nature of the ceramic particle size and the distribution (spread) of the particle size that affect the density or the more pores trapped in the ceramic surface, the porosity is greater, as well as the violence also will decrease.Keywords: stress analysis, carbon fiber, chassis, ply orientation.

In this study to improve its properties, the ceramics were processed by compressing presses at a pressure of 200 kg / cm^2 and mixed with water, kaolin, silica, feldspar and zircon ($ZrSiO_4$), the comparisons were specimens made of 4 variations with different material compositions on each specimen with a combustion temperature of 1200^oC.

The result is an increasingly heavy zircon fraction (ZrSiO4) in the specimen the wear rate is decreasing, the lowest wear is in the fourth specimen because it has a zircon percentage of 25% that is 0.0017 mm^3 / Nm and the highest wear is in the 10% zircon fraction of 0, 0025 mm^3 / Nm. While the shrinkage of burn, the higher the kaolin composition on the burning shredder specimens is increasing, the highest burning loss is in the first specimen because it has a kaolin percentage of 65% and its value is 4.63%, the lowest burning loss is in the specimen with 50% kaolin percentage of 1 , 84%.

Keywords *: ceramic, wear, burning shrinkage, combustion temperature, kaolin, zircon ($ZrSiO_4$), green ceramic*

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keramik terus berkembang menjadi material yang sangat penting pada masa kini dan masa yang akan datang. Keramik merupakan gabungan bahan anorganik yang dibakar pada suhu tinggi sehingga terjadi grasisasi dan bersifat permanen. Keramik pada dasarnya dibuat menggunakan campuran bahan *clay*, silikat, kaolin dan lain-lain. Keramik modern adalah keramik yang dibuat dengan menggunakan oksida-oksida logam atau logam. Proses pembentukan keramik modern biasanya menggunakan metode *slip casting*, *pressure casting*, *injection molding*, dan *extrusion*. Sifat-sifat keramik modern adalah tahan terhadap suhu tinggi, tahan terhadap reaksi kimia tertentu, dan memiliki sifat-sifat listrik dan mekanik yang istimewa. Penggunaannya antara lain pada elemen pemanas, semikonduktor, komponen turbin, bidang medis, konstruksi bangunan, dan industri nuklir. Suhu *sintering* pada pembuatan keramik modern berkisar 1200 ^{o}C – 2000 ^{o}C, Joelianingsih (2004).

Pada umumnya pembuatan keramik sering terjadi kerusakan yang disebabkan karena rendahnya kualitas *green ceramic* (keramik matang). Tanah liat yang sebelumnya bahan mentah akan diproses menjadi keramik, disini harus diperhatikan mengenai sifat dari keramik yaitu ukuran partikel serta distribusi (penyebaran) ukuran partikel yang mempengaruhi kerapatannya atau pori-porinya. Semakin banyak pori-pori yang terperangkap didalam permukaan keramik maka tingkat porositasnya semakin besar sehingga menyebabkan terjadinya penyusutan. Ukuran partikel kecil akan lebih kuat dan memberikan daya ikatan yang banyak.

Menentukan kerapatan keramik yang bagus yaitu dengan cara mencampurkan butiran kasar dan halus, tujuannya adalah untuk mengurangi porositasnya. Karena butiran halus akan mengisi rongga-rongga dari butiran kasar. Komposisi yang ideal berkisar 70% butiran kasar dan 30% butiran halus. Cara pembuatannya yaitu diayak terlebih dahulu dan kemudian campuran serbuk diproses dengan menambahkan air kemudian diaduk sampai merata, setelah itu dicetak. Keramik termasuk material yang kuat, keras dan tahan korosi. Selain itu keramik memiliki kerapatan yang rendah dan juga titik lelehnya yang tinggi. Kekurangan utama dari keramik adalah kerapuhannya, yakni kecenderungan untuk patah tiba-tiba dengan deformasi plastis yang sedikit. Keausan umumnya didefinisikan sebagai

kehilangan material secara progresif atau pemindahan sejumlah material dari suatu permukaan sebagai suatu dari gesekan yang berulang-ulang antara permukaan suatu material dengan permukaan lainnya. Penyusutan badan keramik disebabkan oleh bahan yang terkandung didalam pembuatan keramik, terutama bahan yang mudah menguap atau terurai. Karena pada saat pembakaran akan terjadi proses penguapan yang diikuti dengaan proses pemadatan bahan. Semakin lama waktu atau semakin tinggi temperatur pembakaran akan menyebabkan penyusutan yang terjadi semakin tinggi juga. Keausan dan penyusutan yang terjadi pada gigi tiruan akan sangat mengganggu kenyamanan di dalam mulut ketika digunakan. Maka dari itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keausan dan susut bakar yang terjadi pada gigi tiruan dari keramik agar nantinya mampu menahan gesekan dan perubahan suhu yang terjadi di mulut.

Dengan perkembangan teknologi saat ini, maka kini keramik telah digunakan didalam berbagai keperluan bidang medis seperti dibidang kedokteran gigi yang dikenal dengan *bio ceramics*. Salah satu kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan dalam bidang kedokteran gigi adalah penggunaan *zirconium* / non-logam dalam bahan pembuatan restorasi. *Zirconium Silikat* ($ZrSiO_4$) adalah salah satu bahan keramik yang memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan beberapa jenis keramik lainnya, keunggulan tersebut diantara adalah mempunyai ketangguhan, strength yang relatif tinggi, tahan korosi dan tahan terhadap media asam yang tinggi. Sebagai bahan pembuatan restorasi dalam bidang kedokteran gigi, *zirkonia* memiliki sifat fisik, mekanis, kimia dan biologis yang baik. *Zirkonia* memiliki titik leleh yang tinggi dan kondukvitas thermal yang rendah, Priyono (2012).

Sesuai penjelasan diatas, maka peneliti ingin memahami lebih lanjut tentang pengaruh variasi persentase zirkon ($ZrSiO_4$) pada keramik modern terhadap keausan dan susut bakar yang berbahan koulin, silikat, *feldspar* dan zirkon. Keramik akan diproses secara kompaksi. Dari hasil kompaksi tersebut, keramik akan dikeringkan dengan suhu lingkungan. Setelah proses pengeringan, keramik tersebut kemudian dibakar dalam tungku pembakaran (dapur). Kemudian setelah proses pembakaran, keramik tersebut akan di uji keausan dan susut bakar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah yang muncul yaitu bagaimana pengaruh variasi persentase zirkon ($ZrSiO_4$) pada keramik modern terhadap keausan dan susut bakar yang berbahan koulin, silikat, zirkon dan *feldspar*.

1.3 Batasan Masalah

Agar tidak meluas permasalahan pada penelitian ini, maka batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Campuran bahan baku dianggap terdistribusi secara merata pada setiap spesimen.
2. Suhu pembakaran dianggap terdistribusi secara merata pada setiap spesimen.
3. Pengujian yang dilakukan adalah keausan dan susut bakar.
4. Tekanan pada saat proses pencetakan spesimen dijaga konstan.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk meningkatkan kualitas, sehingga mampu bersaing dengan produk import dan menaikan produktivitas, sehingga mampu memenuhi permintaan pasaran.
2. Meningkatkan dan menganalisis keausan dan susut bakar keramik dengan variasi bahan baku keramik dan penambahan persentase zirkon ($ZrSiO_4$)
3. Untuk mendapatkan produk keramik yang memiliki keausan dan susut bakar yang rendah.

1.5 Manfaat Penenlitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Untuk memperoleh pengetahuan tentang variasi persentase zirkon ($ZrSiO_4$) pada keramik modern terhadap keausan dan susut bakar.
2. Diharapkan masyarakat mendapatkan produk keramik dengan kualitas yang baik.
3. Dapat dijadikan referensi untuk mahasiswa teknik pada khususnya dalam penelitian selanjutnya mengenai karakteristik keramik dan juga industri keramik.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Sebelumnya

Kristasari (2016), melakukan penelitian tentang studi eksperimental laju keausan material gigi tiruan dari resin akrilik berpenguat *fiberglass* dengan variasi susunan serat penguat. Hasil dari penelitian ini adalah laju keausan terbesar sebesar 0.0126 mm^3/Nm yang terdapat pada material resin akrilik tanpa penguat serat dan nilai laju keausan yang terkecil yaitu pada material resin akrilik berpenguat 7% sebesar 0,0006 mm^3/Nm.

Subarmono (2011), Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan bahan *Zirconia* (ZrO_2) sebagai penguat komposit *Aluminium Matrix Composite* (AMC). Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekerasan meningkat seiring dengan peningkatan fraksi berat ZrO_2 sampai 5% sementara laju keausan turun.

Widianingrum (2012), Studi eksperimental laju keausan (*specific wear rate*) resin akrilik dengan penambahan serat penguat pada dental prosthesis. Hasil penelitian didapatkan laju keausan cenderung mengalami penurunan seiring dengan semakin banyaknya fraksi volume serat. Dari hasil foto mikro diketahui mekanisme keausan yang dominan adalah mekanisme *abrasive* dan *adhesive*.

Harsono (2002), melakukan penelitian tentang "Pengaruh komposisi bahan dasar pembuatan keramik terhadap sifat fisik keramik". Hasil penelitian ini menjelaskan bahwa dengan semakin besar komposisi bahan plastis (clay) maka susut volume akan semakin besar. Penyusutan volume yang terjadi pada badan keramik disebabkan oleh air yang menyelimuti butir-butir lempung (clay) secara berangsur-angsur menyingkir dan kondisi ini memungkinkan butir-butir lempung mendekat satu sama dengan yang lainnya (memadat).

2.2 Keramik

Keramik merupakan gabungan bahan anorganik yang dibakar pada suhu tinggi sehingga terjadi grasisasi dan bersifat permanen. Keramik sebagai suatu hasil seni dan *sains* (ilmu) untuk dapat menghasilkan barang dari tanah liat yang dibakar, seperti gerabah, genteng, porselin dan sebagainya. Saat ini tidak semua keramik berbahan dari tanah liat, akan tetapi ada keramik dari bahan logam yaitu (Al_2O_3, ZrO_2, MgO, dll). Umumnya

bahan baku keramik adalah felspard, *ball clay*, kwarsa, kaolin, dan air. Sifat keramik sangat ditentukan oleh struktur kristal, komposisi kimia dan mineral. Oleh karena itu sifat keramik juga tergantung pada lingkungan geologi dimana bahan diperoleh. Secara umum strukturnya sangat rumit dengan sedikit elektron - elektron bebas, Astuti (1997).

2.2.1 Jenis-Jenis Keramik

1. Keramik Tradisional

   Keramik tradisional adalah keramik yang dibuat dengan menggunakan bahan alam, seperti kuarsa, kaolin, feldspar, dan lain-lain. Pembuatan keramik tradisional menggunakan alat-alat sederhana dan pembentukan keramik biasa dilakukan dengan tangan langsung seperti teknik pijat, teknik pilin dan teknik lempengan. Sifat permukaan keramik tradisional kurang mengkilap, terkadang warnanya kurang sesuai dengan keinginan konsumen, sedikit kasar. Contoh keramik ini adalah: barang pecah belah (*dinnerware*) contoh: piring, gelas dan lain-lain, keperluan rumah tangga (*tile, bricks*) contohnya genting, batu-bata). Keramik tradisional terdiri dari tanah liat, flint, dan feldspar tahan sampai dengan suhu 1200^{o}C, Zainal (2010).

2. Keramik Rekayasa

   Keramik rekayasa, atau biasa disebut keramik modern dan keramik teknik, adalah keramik yang dibuat dengan menggunakan oksida-oksida logam atau logam, seperti: oksida logam (Al_2O_3, ZrO_2, MgO). Keramik modern yang terbuat dari oksida logam antara lain (Al_2O_3, ZrO_2, MgO, TiO_2, $BaTiO_2$) sedangkan keramik yang bukan oksida antara lain (Si_3N_4, TiN, SiC, B_4C). Proses pembentukan keramik modern memakai penekanan, *slip casting* dan lain-lain, permukaan keramik modern terlihat lebih mengkilap dibandingankan keramik tradisional, dari segi warna lebih baik dan cenderung halus. Penggunaannya pada elemen pemanas, semikonduktor, komponen turbin, bidang medis, konstruksi bangunan, dan industri nuklir. Suhu sintering pada pembuatan keramik modern berkisar 1200 ^{o}C – 2000 ^{o}C, Zainal (2010).

2.2.2 Bahan Baku Keramik

Bahan baku keramik adalah bahan senyawa mineral anorganik non-logam kristalis padat yang terbentuk melalui proses geologi yang sangat komplek. Sifat keramik sangat bervariasi tergantung oleh struktur dan komposisi kimia senyawa mineral bahan penyusun keramik tersebut.

a. Kaolin

Kaolin merupakan tanah liat yang mengandung mineral *kaolinite* sebagai bagian yang terbesar, dan termasuk jenis tanah liat primer. Sifat dan keadaan bahan:

- Berbulir kasar.
- Rapuh dan tidak plastis jika dibandingkan dengan lempung sedimenter.
- Warnanya putih karena kandungan oksida besinya paling rendah.

Garis besar deretan reaksi atau perubahan fasa kaolin yang dipanaskan adalah sebagai berikut:

1. Tahap Pertama

   Sekitar 500^{o}C yaitu reaksi endotermis yang sehubungan dengan hilangnya struktur air atau dehidrasi kaolinit dan pembentukan metakaolin, $2Al_2O_3$, $4SiO_2$.

2. Tahap Kedua

   Sekitar 950^{o}C yakni reaksi eksotermis, sehubungan dengan pengkristalan yang cepat fasa bentuk jarum (*spinel*), disebut γ-Al_2O_3, dinyatakan dengan $2Al_2O_3$, $3SiO_2$.

3. Tahap Ketiga

   Sekitar 1050 – 1100^{o}C, sehubungan dengan reaksi eksotermis kedua dimana struktur bentuk jarum berubah menjadi fasa mullit dan selanjutnya muncul kristobalit. Jika pemanasan diteruskan akhirnya mullit akan mengkristal dengan baik dengan komposisinya $3Al_2O_3$, $2SiO_2$. Karena kaolin kurang plastis, penyusutan dan kekuatan keringnya lebih rendah dan sangat tahan api, maka dari itu dalam pemakaian sebagai bahan keramik harus dicampur dengan bahan lain. *Ball clay* ditambahkan untuk meningkatkan keplastisan dan bahan pelebur ditambahkan untuk “ketahanan api”. Karena tahan panas kaolin sangat tinggi, maka titik lelehnya sampai 1800°C.

Dalam kehidupan sehari-hari, bahan kaolin dimanfaatkan dalam:

- Keramik halus (gerabah putih atau *white-earthenware*) dan porselen, baik sebagai salah salu komponen dalam badan maupun glasir.
- Barang - barang lahan api dalam bata - bata kaolin.
- Bahan - bahan bangunan keramik seperti tegel dalam gerabah atau porselin.

b. *Ball Clay*

Merupakan tanah liat yang sangat plastis untuk keramik, bentuknya dialam seperti bola - bola, itulah sebabnya disebut sebagai *ball clay*. Tanah liat ini termasuk tanah sekunder. Sifat dan keadaan bahan :

- Berbutir sangai halus
- Sangai plastis
- Kurat kering tinggi
- Susut kering dan susut bakar tinggi
- Unsur oksida besi cukup tinggi sehingga menghasilkan warna bakar abu – abu muda
- Warna mentahnya abu - abu/kehitaman karena banyak mengandung karbon

Ball clay umumnya dimanfaatkan dalam keramik putih dan biasanya dipergunakan untuk:

- Memperoleh keplastisan mempermudah untuk dibentuk, tetapi mengurangi sifat tembus cahaya (tidak *translucent*) karenanya jarang dipakai untuk pembuatan masa porselen keras
- Memberi kekuatan pada keramik sebelum dibakar, sehingga keramik tidak mudah rusak bila diangkat untuk dipindahkan
- Membuat masa tuang lebih encer, meskipun airnya tidak banyak.

c. *Fire Clay*

Termasuk jenis lempung sekunder, biasanya didapatkan di daerah penambangan batu bara. Sifat dan keadaan bahan

- Lempung ini sangat tanah api (*refractory*), dan tahan terhadap suhu tinggi.
- Plastis atau sama sekali tidak plastis.
- Tekstur kasar

d. *Bentonite*

Jenis lempung dengan sifat plastis tinggi. Lempung ini berasal dari pelapukan batuan vulkanik yang banyak mengandung silika. Sifat bahan *bentonite* diantaranya adalah:

- Partikelnya sangat halus.
- Banyak mengandung silika halus.

Bentonite mempunyai kemampuan sangat baik untuk menambah keplastisan tanah liat, dengan catatan:

- Bila ditambahkan sebanyak 2%, sehingga membentuk substansi seperti *jely.*
- Apabila dipergunakan untuk campuran tanah liat yang tidak plastis, satu bagian *bentonite* dapat disamakan tiga bagian dengan *ball clay.*
- Dalam pelaksanaannya harus dicampurkan dalam keadaan kering, sebab bila dicampur langsung dengan air, bahan ini dapat menjadi sangat lengket.

e. Silika

Silika merupakan bahan yang penting dalam semua bahan - bahan keramik. Bahan ini terdapat sebagai pasir silika yang mengandung 99,5% silika, sisanya terdiri dari *calsium carbonate atau chrome*. Silika biasanya tercampur dengan oksida - oksida lain yang disebut sebagai silikat. Contoh gabungan tersebut antara lain dalam bentuk kaolin, feldspar, *bentonite*. Kegunaan silika dalam keramik:

- Mengurangi susut kering. Sehingga mengurangi retak-retak dalam pengeringan.
- Mengurangi susut, waktu dibakar dan mempeninggi kualitas.
- Melindungi rangka selama pembakaran.

Bahan ini dipakai pada keramik halus, bahan tanah api, gelas, email. Pasir halus dipergunakan untuk membuat masa keramik putih atau gelasir.

f. Feldspar

Bahan ini adalah kelompok mineral ini merupakan bagian terbesar dari batuan beku asam jenis granit atau pegmatit, berwarna putih relatif lunak dan dapat memberikan hingga 25% *flux* (pelebur) pada keramik. Jika badan keramik dibakar, feldspar meleleh dan membentuk leburan gelas yang menyebabkan partikel tanah dan bahan lainnya melekat satu sama lainnya. Bila bahan semacam gelas ini membeku, bahan ini memberi kekuatan dan kekukuhan pada badan.

Komposisi feldspar yang mengandung kalium (K_2O) dipakai untuk membuat *masse* keramik, sedangkan natrium (Na_2O) dibuat untuk gelasir. Gelasir - gelasir feldspar cenderung memberikan efek putih susu, karena adanya gelembung - gelembung sangat halus pada badan gelasir. Feldspar mengandung semua bahan - bahan penting untuk membentuk gelasir suhu tinggi, tetapi agar lebih diperlukan tambahan flint, *whiting* atau kaolin. Bahan ini banyak dipakai dalam keramik halus (untuk badan atau gelasir), gelas.

g. Alumina

Alumina jarang didapatkan dalam bentuk murni, salah satu bentuk yang paling murni adalah bauksit. Unsur - unsur ini terdapat dalam kaolin, *ball clay*, feldspar.

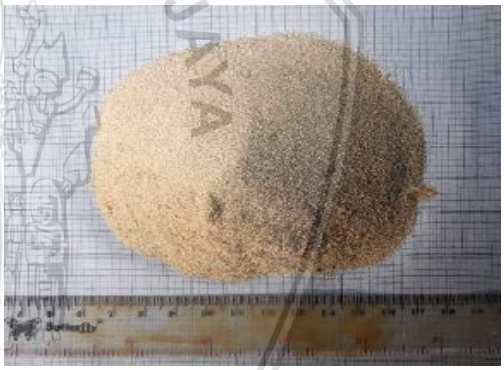
Peranannya dalam keramik atau gelasir adalah mengontrol dan mengimbangi pelelehan dan juga memberikan kekuatan pada badann maupun gelasir. Secara terpisah alumina tidak akan lebur hingga 2000 °C (silika lebur pada suhu I700 °C). Namun apabila 5% alumina ditambahkan pada silika murni, maka suhu leburnya akan turun menjadi 1545 °C, ball clay akan memberikan Al_2O_3 dan plastisitas.

(a) Kaolin

(b) *Ball Clay*

(c) *Fire Clay*

(d) Bentonite



(e) Silika

(f) Feldspar

(g) Alumina

Gambar 2.1 Bahan- bahan baku keramik
Sumber: Astuti (1997, p.24)

2.4 Sifat-Sifat Keramik

Secara umum keramik merupakan paduan antara logam dan non logam, senyawa paduan tersebut memiliki ikatan ionik dan ikatan kovalen. Berikut merupakan sifat-sifat dari keramik:

1. Sifat Mekanik

   Keramik merupakan material yang sangat kuat, keras dan juga tahan korosi. Selain itu keramik memiliki kerapatan yang rendah dan juga titik lelehnya yang tinggi. Kelemahan utama keramik adalah kerapuhannya, yakni kecenderungan untuk patah tiba-tiba dengan deformasi plastik yang sedikit. Ini di akibatkan karena kombinasi dari ikatan ion dan kovalen dan partikel-partikelnya tidak mudah bergeser.

2. Sifat Termal

   Sifat termal bahan keramik adalah kapasitas panas, koefisien ekspansitermal, dan konduktivitas termal. Kapasitas panas bahan adalah kemampuan bahan untuk mengabsorbsi panas dari lingkungan. Panas yang diserap disimpan oleh padatan antara lain dalam bentuk vibrasi (getaran) atom/ion penyusun padatan tersebut. Keramik biasanya memiliki ikatan yang kuat dan atom-atom yang ringan. Jadi getaran-getaran atom-atomnya akan berfrekuensi tinggi, karena ikatannya kuat maka getaran yang besar tidak akan menimbulkan gangguan yang terlalu banyak pada kisi kristalnya. Sebagian besar keramik memiliki titik leleh yang tinggi, artinya walaupun pada temperatur yang tinggi material ini dapat bertahan dari deformasi dan dapat bertahan dibawah tekanan tinggi. Akan tetapi perubahan temperatur yang besar dan tiba-tiba dapat melemahkan keramik. Kontraksi dan ekspansi pada perubahan temperatur tersebutlah yang dapat membuat keramik pecah.

3. Sifat Elektrik

   Sifat listrik bahan keramik sangat bervariasi. Keramik dikenal sangat baik sebagai isolator. Beberapa isolator keramik (seperti $BaTiO_3$) dapat dipolarisasi dan digunakan sebagai kapasitor. Keramik lain menghantarkan elektron bila energi ambangnya dicapai, dan oleh karena itu disebut semikonduktor. Elektron valensi dalam keramik tidak berada di pita konduksi, sehingga sebagian besar keramik adalah isolator. Beberapa keramik memiliki sifat piezoelektrik, atau kelistrikan tekan. Sifat ini merupakan bagian bahan “canggih” yang sering digunakan sebagai sensor. Dalam bahan piezoelektrik, penerapan gaya atau tekanan dipermukaannya akan menginduksi polarisasi dan akan terjadi medan listrik, jadi bahan tersebut mengubah tekanan mekanis

menjadi tegangan listrik. Bahan piezoelektrik digunakan untuk tranduser,yang ditemui pada mikrofon, dan sebagainya.

4. Sifat Optik

   Bila cahaya mengenai suatu obyek cahaya dapat ditransmisikan, diabsorbsi, atau dipantulkan. Bahan bervariasi dalam kemampuan untuk mentransmisikan cahaya, dan biasanya dideskripsikan sebagai transparan. Material yang transparan, seperti gelas mentransmisikan cahaya dengan difusi, seperti gelas *terfrosted* disebut bahan translusen. Dua mekanisme penting interaksi cahaya dengan partikel dalam padatan adalah polarisasi elektronik dan transisi elektron antar tingkat energi. Polarisasi adalah distorsi awan elektron atom oleh medan listrik dari cahaya. Sebagai akibat polarisasi, sebagian energi dikonversikan menjadi deformasi elastik (fonon), dan selanjutnya panas.

5. Sifat Kimia

   Salah satu sifat khas dari keramik adalah kestabilan kimia. Sifat kimia dari permukaan keramik dapat dimanfaatkan secara positif. Kalau oksida logam dipanaskan pada kira-kira 500 °C, permukaannya menjadi bersifat asam atau bersifat basa. Alumina, zeolit, lempung asam atau S_2O_2 – TiO_2 demikian juga berbagai oksida biner dipakai sebagai katalis, yang memanfaatkan aksi katalitik dari titik bersifat asam dan basa pada permukaan.

6. Sifat Fisik

   Sebagian besar keramik adalah ikatan dari karbon, oksigen atau nitrogen dengan material lain seperti logam ringan dan semilogam. Hal ini menyebabkan keramik biasanya memiliki densitas yang kecil. Sebagian keramik yang ringan mungkin dapat sekeras logam yang berat. Keramik yang keras juga tahan terhadap gesekan. Senyawa keramik yang paling keras adalah berlian, diikuti boron nitrida pada urutan kedua dalam bentuk kristal kubusnya. Aluminum oksida dan silikon karbida biasa digunakan untuk memotong, menggiling, menghaluskan dan menghaluskan material-material keras lain.

2.5 Keausan

Keausan umumnya didefinisikan sebagai kehilangan material secara progresif atau pemindahan sejumlah material dari suatu permukaan sebagai suatu dari gesekan yang berulang-ulang antara permukaan suatu material dengan permukaan lainnya. Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan teknik, yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Salah satunya adalah dengan

metode pin on dist dimana benda uji memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar (*revolving disc*). Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan benda uji, Budiyanto (2008). Keausan pada dasarnya memiliki beberapa mekanisme, yaitu:

1. Keausan *Adhesive* (*Adhesive Wear)*

   Terjadi bila kontak permukaan dari dua material atau lebih mengakibatkan adanya perlekatan satu sama lainnya (*adhesive*) serta deformasi plastis dan pada akhirnya terjadi pelepasan atau pengoyakan salah satu material.

   - Kecenderungan dari material yang berbeda untuk membentuk larutan padat atau senyawa intermetalik.
   - Kebersihan permukaan.

2. Keausan *Abrasive* (*Abrasive Wear*)

   Terjadi bila suatu partikel keras (*asperity*) dari material tertentu bergesekan pada permukaan material lain yang lebih lunak sehingga terjadi penetrasi atau pemotongan material yang lebih lunak. Tingkat keausan pada mekanisme ini ditentukan oleh derajat kebebasan (*degree of freedom*) partikel keras atau *asperity* tersebut. Faktor yang mempengaruhi ketahanan material terhadap *abrasive wear* antara lain:

   - *Material hardness*
   - Kondisi struktur mikro
   - Ukuran abrasif
   - Bentuk

   Bentuk kerusakan permukaan akibat *abrasive wear*, antara lain :

   - *Scratching* (Goresan)
   - *Scoring* (Berpindah)
   - *Gouging* (Terkelupas)

3. Keausan Lelah (*Fatigue Wear*)

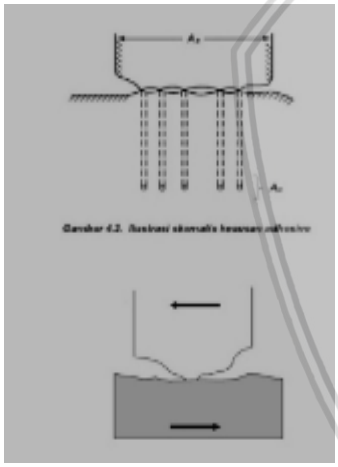
   Merupakan mekanisme yang realtif berbeda dibandingkan dengan dua mekanisme sebelumnya, yaitu dalam hal interaksi permukaan. Baik keausan *adhesive* maupun abrasif melibatkan hanya satu interaksi, sementara pada keausan fatik dibutuhkan interaksi multi. Keausan ini terjadi akibat interaksi permukaan dimana permukaan yang mengalami beban berulang akan mengarah pada pembentukan retak - retak mikro. Retak - retak mikro tersebut pada akhirnya menyatu dan menghasilkan pengelupasan material. Tingkat keausan sangat bergantung pada tingkat pembebanan.

4. Keausan Oksidasi/Korosif (*Corrosive Wear*)

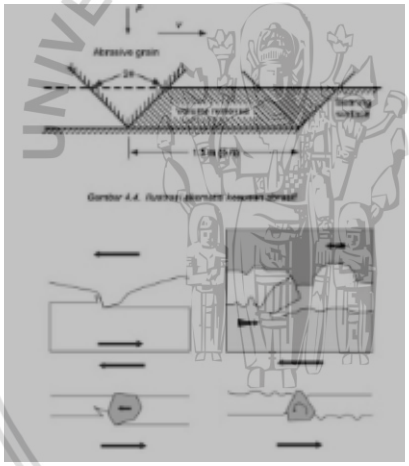
Proses kerusakan dimulai dengan adanya perubahan kimiawi material di permukaan oleh faktor lingkungan. Kontak dengan lingkungan ini menghasilkan pembentukan lapisan pada permukaan dengan sifat yang berbeda dengan material induk. Sebagai konsekuensinya, material akan mengarah kepada perpatahan interface antara lapisan permukaan dan material induk dan akhirnya seluruh lapisan permukaan itu akan tercabut.

5. Keausan Erosi (*Erosion Wear*)

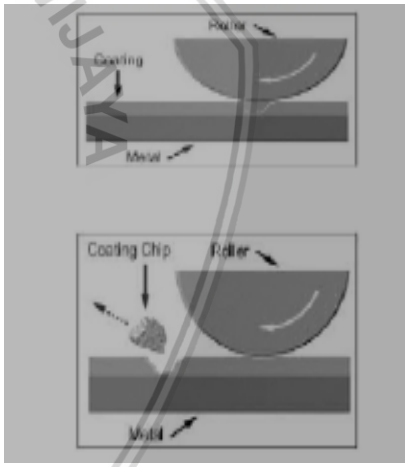
Proses erosi disebabkan oleh gas dan cairan yang membawa partikel padatan yang membentur permukaan material. Jika sudut benturannya kecil, keausan yang dihasilkan analog dengan *abrasive*. Namun, jika sudut benturannya membentuk sudut gaya normal (90^o), maka keausan yang terjadi akan mengakibatkan *brittle failure* pada permukaannya.



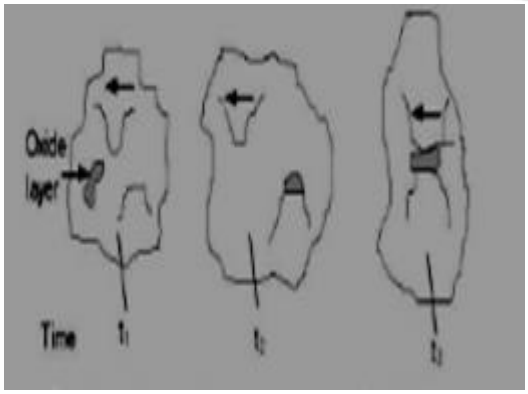
(a) Kaausan *adhesive*



(b) Keausan *abrasive*



(c) Keausan lelah



(d) Keausan oksidai/korosi

(e) Keauan erosi

Gambar 2.2 Jenis-jenis mekanisme keausan
Sumber: Metals Handbook Vol. 8 (1985, p. 468)

2.5.1 Perhitungan Keausan

Perhitungan keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan teknik, tujuan nya adalah untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Salah satu cara adalah menghitung laju keausan, maka digunakan perumusan laju keausan dengan menggunakan standard ASTM G99 yang merupakan suatu rumusan dan pemodelan yang mudah untuk menjelaskan keausan secara umum. Perubahan berat dirumuskan sebagai berikut:

ΔW = Berat awal – Berat akhir ..... (2-1)

Dimana :

ΔW = Berat (gram)

Setelah nilai berat ditemukan, kemudian perubahan volume di hitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\Delta V = \frac{\Delta W}{\rho} \quad \text{..... (2-2)}$$

Dimana :

ΔW = perubahan berat spesimen (gram)

ρ = massa jenis material komposit (gram/cm^3)

ΔV = perubahan volume spesimen (cm^3)

Kemudian laju keausan material (K') dapat dihitung menggunakan rumus:

$$K' = \frac{\Delta V}{F.L} \quad \text{..... (2-3)}$$

Dimana :

K' = nilai laju keausan spesifik (mm^3/Nm)

ΔV = perubahan volume spesimen (cm^3)

F = beban normal (29,42 N)

L = panjang wear track (474,6 m)

2.6 Densitas

Massa jenis atau densitas adalah suatu besaran kerapatan massa benda yang dinyatakan dalam berat benda per satuan volume benda tersebut. Besaran massa jenis dapat membantu menerangkan mengapa benda yang berukuran sama memiliki berat yang berbeda. Benda yang lebih besar belum tentu lebih berat daripada benda yang lebih kecil. Berdasarkan pengertian massa jenis yaitu berat benda persatuan volume benda, maka rumus untuk menghitung massa jenis adalah:

$\rho = \frac{m}{V}$ .....(2-4)

Dimana :

ρ : massa jenis

m : massa

V : volume

2.7 Penyusutan

Penyusutan keramik terjadi karena ada kaitan nya dengan sifat thermal dan sifat fisik keramik, sifat termal adalah kapasitas panas, koefisien ekspansi termal, dan konduktivitas termal. Ekspansi termal adalah perubahan dimensi (penyusutan) yang terjadi akibat adanya perubahan temperatur. Perhitungan untuk mendapatkan koefisian ekspansi termal dilakukan dengan mengamati perubahan panjang atau volume sampel akibat kenaikan temperatur yang terjadi. Besarnya koefisian ekspansi termal fisik dipengaruhi oleh pori-pori pada suatu material.

Keramik mempunyai koefisien termal yang sangat rendah, dengan nilai antara 0.5×10^{-6} dan 15×10^{-6} $(℃)^{-1}$. Sebelum menjadi keramik tanah liat akan mengalami dua kali penyusutan, yaitu susut kering dan susut bakar. Selama tanah liat dibentuk menjadi keramik maka akan mengalami penyusutan ketika keramik kering. Hal ini terjadi karena menguapnya air pembentuk dan air selaput pada badan dan permukaan benda keramik sehingga menyebabkan butiran-butiran tanah liat menjadi rapat satu sama lainnya. Selama pembakaran keramik akan terjadi juga penyusutan, Hal ini disebabkan oleh penguapan sisa air pembentuk, penguapan air kimia, pembakaran sempurna (oksida) senyawa karbon, karbonat dan sulfat, terjadinya inversi kwarsa dan terjadinya proses vitrifikasi. Jumlah persentasi penyusutan di pesyaratkan antara 5% sampai 15%, Budiyanto (2008).

2.7.1 Kestabilan Dimensi

Pada setiap pengeringan dan pembakaran badan keramik selalu diikuti dengan penyusutan pada badan keramik, Hartonmo (1994). Penyusutan ini perlu diperhatikan untuk mengetahui toleransi ukuran cetakan badan keramik sebelum dibakar sehingga setelah dibakar didapatkan ukuran badan keramik yang diinginkan. Keramik dapat dikatankan mempunyai kestabilan dimensi yang baik jika prosentase penyusutan (*shrinkage*) yang terjadi akibat pengeringan dan pembakaran semakin rendah.

Penyusutan hasil proses pembakaran badan keramik khususnya pada badan *porcelein* terjadi karena proses *vitrification*, Reed (1989). Penyusutan dimulai pada temperatur 950 ^{o}C yaitu ketika awal terjadinya difusi antar partikel, pada temperatur 1150 ^{o}C penyusutan yang terjadi semakin besar karena mulai terjadi proses *vitrification.* Penyusutan (*shrinkage*) dipengaruhi oleh berbagai macam faktor yang sangat komplek. Secara garis besar penyusutan pada badan keramik dipengaruhi oleh:

- Komposisi bahan baku kandungan badan keramik

  Komposisi bahan baku kandungan badan keramik (*green ware*) sangat berpengaruh pada penyusutan badan keramik. Penyusutan pada badan keramik dapat berkurang oleh adanya material bahan baku non plastis, Kingery et al (1975). Semakin tinggi kandungan material bahan baku non plastis pada badan keramik maka penyusutannya akan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena material bahan baku non plastis memiliki sifat penyusutan yang rendah, Astuti (1997). Sebagai contoh pada batu bata (*fire clay brick*), pada umumnya batu bata memiliki kandunga *grog schamot* yang tinggi sehingga sangat mengurangi penyusutan hasil pembakaran. Namun, semakin tinggi kandungan bahan baku non plastis pada badan keramik akan mengakibatkan kesulitan pada proses pembentukan badan keramik, karena material bahan baku non plastis kurang dapat mengikat material bahan baku lainnya.

- Proses pembentukan badan keramik

  Seperti halnya logam, badan keramik dibentuk dengan berbagai macam metode teknik pembentukan. Masing-masing teknik pembentukan badan keramik memiliki kelebihan, kekurangan dan fungsi yang tersendiri. Untuk masalah penyusutan keramik, besarnya penyusutan juga dapat dipengaruhi oleh jenis proses pembentukan badan keramik, Kingery et al (1975). Teknik pembentukan yang digunakan pada pembentukan badan keramik secara tidak langsung berhubungan dengan kadar air yang digunakn pada proses pembentukan badan keramik. Semakin tinggi kadar air yang digunakan pada proses pembentukan badan keramik, maka semakin tinggi pula penyusutan badan keramik yang akan dihasilkan, Astuti (1997). Hal ini disebabkan karena unsur air dapat terikat dengan baik pada material bahan baku keramik, terutama *clay*. Pada waktu proses pengeringan dan pembakaran, unsur air akan menguap sehingga pertikel bahan baku keramik akan tertarik oleh gaya ikat/tarik antar partikel, akibatnya terjadi penyusutan pada badan keramik.

- Porositas pada badan keramik

Sebagai hasil proses pembentukan, pada umumnya badan keramik yang belum dibakar (*green ware*) mengandung 25% sampai 50% volume porositas. Pori-pori ini memiliki fungsi untuk jalan mengalir keluarnya uap air dan gas dari badan keramik selama proses pengeringan dan pembakaran. Selama proses pembakaran, pori-pori ini akan tereliminasi dan mengakibatkan penyusutan pada badan keramik, Kingery et al (1975).

Besarnya porositas pada badan keramik dipengaruhi oleh; ukuran partikel material bahan baku penyusun badan keramik dan distribusi besar butir material bahan baku penyusun badan keramik. Ukuran partikel bahan baku keramik yang halus bersifat mudah mengikat unsur air, kandungan unsur air meningkatkan jika ukuran partikel bahan baku semakin kecil. Sehingga badan keramik yang terbuat dari partikel material bahan baku berukuran kecil akan menghasilkan penyusutan yang tinggi. Secara ideal, untuk mendapatkan kepadatan partikel yang efektif pada badan keramik, perbandingan ukuran partikel bahan baku keramik yang digunakan adala 70% berupa partikel agak kasar dan 30% berupa partikel halus, dengan distribusi besar butir yang merata. Jika distribusi besar butir tidak terdistribusi merata akan terjadi perbedaan densitas yanga akan dapat menyebabkan warping pada badan keramik saat proses pembakaran. Jika badan keramik terbuat dari partikel material bahan baku berukuran seragam, tidak memungkinkan terbentuk badan keramik yang memiliki konsentrasi kepadatan yang tinggi, Kingery et al (1975).

2.7.2 Perhitungan Susut Bakar

Susut bakar suatu benda keramik adalah suatu besaran yang dapat diukur tentang menyusutnya (ukuran) benda karena pembakaran. Hal ini bukan hanya karena menguapnya air bebas, tetapi karena adanya perubahan sifat-sifat kimia dan fisika tanah liat menjadi keramik secara permanen. Tanah liat lunak bila tercampur air mudah diurai dan plastis, tetapi setelah dibakar tanah liat menjadi keras membatu dan kedap air serta ukurannya menyusut dibandingkan dengan ukuran pada waktu sebelum dibakar. Untuk menghitung nilai susut bakar menggunakan perumusan sebagai berikut:

$$\text{Susut Bakar} = \frac{Volume\ sebelum\ bakar - Volume\ sesudah\ bakar}{Volume\ sebelum\ bakar} \times 100\ \% \quad \text{.....(2-5)}$$

Sumber: Budiyanto (2008)

2.8 Proses Pembuatan Keramik Modern

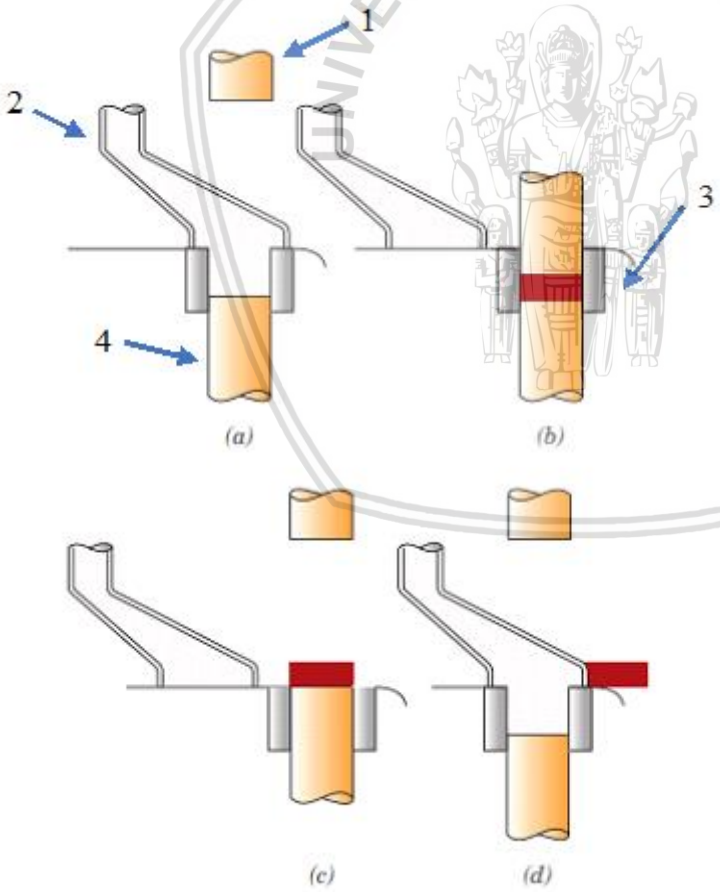
Berdasarkan segi pembuatan keramik modern, prosesnya diantaranya adalah:

1. Pembentukan

Proses pembentukan ini diantaranya adalah *slip casting*, *pressure casting*, *injection molding*, dan *extrusion*. Pada penelitian ini untuk pembentukan spesimen akan dilakukan dengan *pressure casting*. Setelah dibentuk,keramik akan di keringkan pada udara atmosfer kemudian keramik dipanaskan dengan proses densifikasi (*densification*) agar material yang terbentuk lebih kuat dan padat. Setelah itu keramik akan di glasir agar tahan terhadap reaksi kimia dan juga kedap terhadap air, Callister (2007).

- *Pressure Casting*

Pada proses ini, serbuk keramik dituangkan pada cetakan dan diberi tekanan. Tekanan tersebut membuat bubuk keramik menjadi lapisan solid keramik yang berbentuk seperti cetakan, Callister (2007).



Gambar 2.3 Pressure casting
Sumber: Callister (2007, p.482)

Dari gambar di atas dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Gerakan mengisi. *Punch* (1) masih berada diatas, kemudian adonan keramik dimasukkan ke dalam cetakan melalui corong yang melengkung (2).
- Gerakan menekan. Setelah adonan keramik mengisi cetakan (3), corong akan bergerak menjauhi cetakan dan *punch* menekan serbuk.
- Gerakan mendorong. Setelah proses penekanan, *punch* akan terangkat ke atas, begitu juga *dies* (4) akan mendorong spesimen ke atas permukaan.
- Gerakan menggeser. Setelah spesimen diatas permukaan cetakan, corong akan menggeser spesimen dan menempati rongga cetakan kembali untuk pengisian serbuk lagi.

- *Slip Casting*

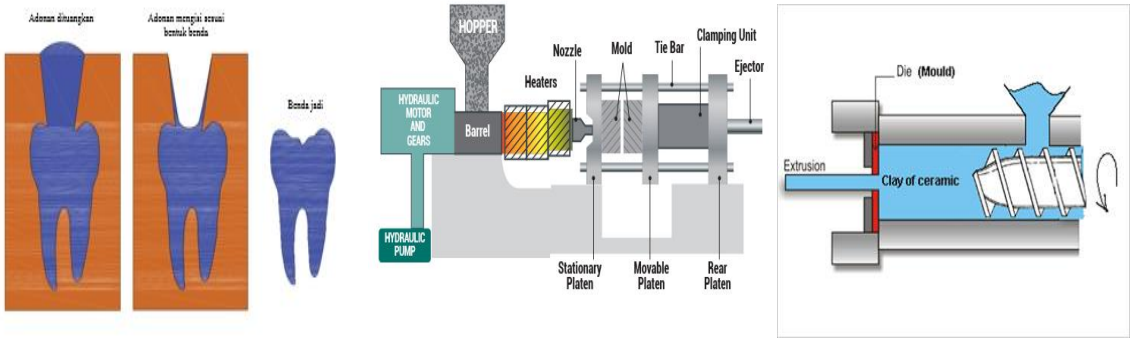
  Slip casting adalah proses untuk membuat keramik yang berlubang. Proses ini menggunakan cetakan dengan dinding yang berlubang-lubang kecil dan memanfaatkan daya kapilaritas air, Callister (2007)

- *Injection Molding*

  Proses ini digunakan untuk membuat objek yang kecil dan rumit. Metode ini menggunakan piston untuk menekan bubuk keramik melalui pipa panas masuk ke cetakan. Pada cetakan tersebut, bubuk keramik didinginkan dan mengeras sesuai dengan bentuk cetakan. Ketika objek tersebut telah mengeras, cetakan dibuka dan bagian keramik dipisahkan.

- *Extrusion*

  Extrusion adalah proses kontinu yang mana bubuk keramik dipanaskan didalam sebuah tong yang panjang. Terdapat baling-baling yang memutar dan mendorong material panas tersebut kedalam cetakan. Karena prosesnya yang kontinu, setelah terbentuk dan didinginkan, keramik dipotong pada panjang tertentu. Proses ini digunakan untuk membuat pipa keramik, ubin dan bata modern.

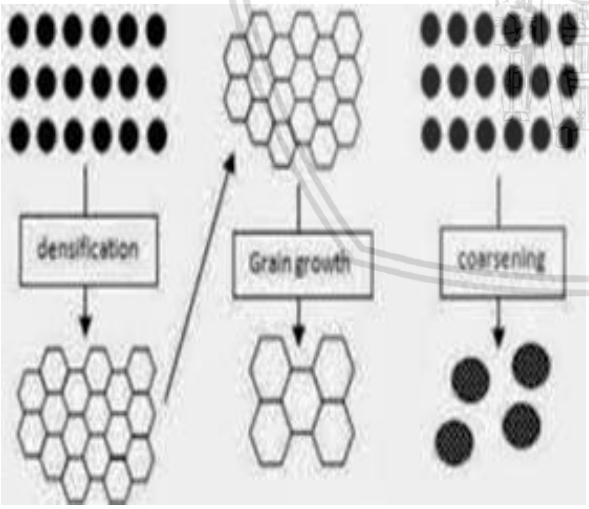


(a) (b) (c)

Gambar 2.4 (a) Slip casting, (b) *injection molding*, (c) Extrusion
Sumber : Callister (1940, p.478)

2. Densifikasi

Proses densifikasi menggunakan panas yang tinggi untuk menjadikan sebuah keramik menjadi produk yang keras dan padat. Setelah dibentuk, keramik dipanaskan pada tungku (*furnace*) dengan temperatur antara 1000 °C sampai 1700 °C. Pada proses pemanasan, partikel-partikel bubuk menyatu dan memadat. Proses pemadatan ini menyebabkan objek keramik menyusut hingga 20% dari ukuran aslinya. Tujuan dari proses pemanasan ini adalah untuk memaksimalkan kekerasan keramik dengan mendapatkan struktur internal yang tersusun rapi dan sangat padat, Callister (2007).

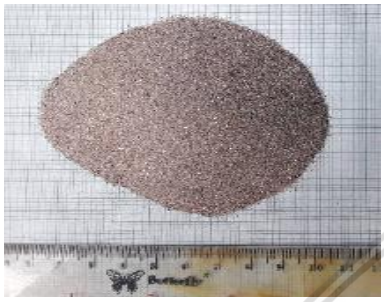


Gambar 2.5 Proses d*esifikasi*
Sumber: Callister (2007, p.487)

2.9 Bahan Baku Tambahan

Zirconium (Zr) merupakan salah satu bahan keramik yang memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan beberapa bahan keramik lainnya, diantaranya adalah mempunyai ketangguhan dan strength yang relatif tinggi. Dibalik keunggulannya tersebut,

zirconium juga mempunyai beberapa kelemahan seperti bentuk kristalnya sangat tidak stabil, dengan kata lain *zirconium* dialam hampir tidak pernah dijumpai dalam bentuk senyawa tunggal (ZrO_2), tetapi selalu bercampur dengan senyawa lain. Seperti misalnya dialam pada umumnya dijumpai dalam bentuk senyawa *Zirconium Silikat* ($ZrSiO_4$) yang biasa disebut sebagai pasir zirkon, sehingga bila ingin mendapatkan senyawa *Zirconium* murni maka perlu dimurnikan atau distabilkan terlebih dahulu, Priyono (2012). Zirkon ($ZrSiO_4$) memiliki sifat fisik yang tercantum dalam Tabel 2.1.



Gambar 2.6 Zirkon ($ZrSiO_4$)
Sumber: *Tingley* (2015, p.29)

Beberapa macam senyawa zirconium tercantum pada tablel 2.1 dibawah.

Tabel 2.1
Zirconium Bearing Minerals

Mineral	**Chemical formula**	**Specific gravity**	**Hardness (Mohs' scale)**	**ZrO_2 content (%)**
Zircon	$ZrSiO_4$	4,2-4,86	7,5	63-67
Baddeleyite	ZrO_2	5,5-6	6,5	98-100
Eudialyte	$(NaCaFe)_6$ Zr(OH,Cl) $(SiO_3)_6$	2,9-3	5-5,5	1,2
Caldasite	Mixture of fibrous bad deleyite, zircon, altered zircon, and other minerals	-	-	60-75
Vlasovite	$Na_2ZrSi_4O_{11}$	2,97	6	29
Gittinsite	$CaZrSi_2O_7$	3,6	3,5-4	40,3
Zirkelite	$(CaFe)(ZrTiTh)_2O_5$	4,7	5,5	-

Sumber : Tingley (2015,p.8)

Tabel 2.2
Physical Properties of $ZrSiO_4$

Property	ZrSiO4	Complex silicates
Melting point (°C)	2100-2300 (Zr sand)	$Na_2ZrSi_2O_7$, 1470
		$Rb_2ZrSi_2O_7$, >1350
Transition temperature (°C)	-	$NaHZrSiO_5$, 300
		$Na_2ZrSi_2O_7$, 1120
		$Na_2Zr_2Si_2O_9$, 850
Heat capacity (J deg^{-1} $mole^{-1}$)	$4.1868*[31.48+(3.92x10^{-3})T-(8.08x10^5)T^{-2}]$	
	(at 25-1500°C)	
Specific gravity	4.7 (gram/ cm^3)	$Rb_2ZrSi_2O_7$, 3.84
Resistivity (ohm.cm)	$9.9x10^{13}$ (at 200°C)	
	$2.2x10^{10}$ (at 450°C)	
Dielectric constant	12 (at 17-22°C)	
	8.51 (at 450°C)	
Zr-O bond length (Å)	2.15, 2.29	
Hardness (Mohs)	7.0 – 7.5 (Zr sand)	
Coefficient of linear	$7.2x10^{-6}$	
expansion (cm/cm.°C)	(Zr sand at 93.3-1093.3°C)	

Sumber: *Tingley* (2015, p.29)

2.10 Pembuatan Gigi Tiruan dari Keramik

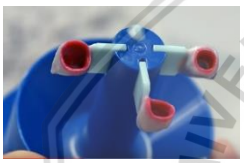
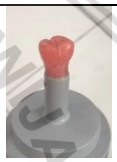
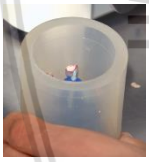
Dalam bidang kedokteran gigi (prostesa), tujuan utama dari perawatan pasien adalah untuk mempertahankan atau meningkatkan mutu kehidupan pasien. Tujuan ini dapat dicapai dengan cara mencegah penyakit semakin berkembang, menghilangkan rasa sakit, memperbaiki efisiensi pengunyahan, meningkatkan pengucapan, dan juga memperbaiki estetika wajah. Salah satu bentuk kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan dalam bidang kedokteran gigi adalah penggunaan *zirconia* / non-logam dalam bahan pembuatan restorasi. *Zirconia* berasal dari unsur *zirconium* (Zr) yang memiliki nomor atom 40 dan berat atom 91,22. Sebagai bahan pembuatan restorasi dalam bidang kedokteran gigi, *zirconia* memiliki sifat fisik, mekanis, kimia dan biologis yang sangat baik. *Zirconia* memiliki titik leleh yang tinggi dan konduktivitas termal yang rendah. Syarat gigi tiruan yang baik adalah sebagai berikut:

1. Material tidak berbau, berasa, halus, bersih, dan tidak mengiritasi, ukuran dan bentuk harus sesuai, serta mempunyai retensi dan stabilisasi waktu dipakai dan berfungsi sehingga enak dipakai.

2. Dapat berfungsi untuk mengunyah makanan, mengucapkan kata dengan jelas, gerakan seperti tertawa, menguap, batuk, minum dan lain-lain,
3. Estetis dalam ukuran, bentuk, warna gigi dan gusi
4. Fungisional kuat terhadap tekanan pengunyahan dan pengaruh zat dalam makanan, minuman, cairan ludah dan obat, keras dan tidak mudah kropos (karena akan mempengaruhi kekuatan).

Perbandingan proses pembuatan gigi palsu di Abadi Dental Laboratory dengan pada penelitian ini tersaji pada tabel 2.2.

Tabel 2.3
Perbandingan Pembuatan Gigi Palsu

Proses	**Gambar**	**Abadi Dental *Laboratory***	**Gambar**	**Penelitian**
Pembuatan Malam		Pembuatan malam bisa banyak		Pembuatan malam terbatas
Pembuatan *Mold*		Satu *mold* bisa untuk 4 gigi		Satu *mold* terbatas hanya 2 gigi karena *riser* lebih besar
Bahan		Akrilik atau Porcelain		Serbuk keramik aditif zirkon
Pressure		*Hot Press*		Mekanik menggunakan *Hydraulic Press*
Pembakaran		Sekaligus bersamaan dengan *hot press*		Pada tungku pembakaran setelah dilakukan *press*
Hasil		Rapi dan Halus		Kurang rapi dan permukaan kasar

2.11 Pengujian Invitro

Pengujian in vitro adalah pengujian yang dilakukan diluar organisme hidup, tetapi prosedur perlakuannya dalam kondisi lingkungan terkontrol. Pengujian in vitro yang dimaksud pada penelitian ini adalah pengujian aplikasi gigi pada lingkungan terkontrol dalam kondisi rongga mulut.

Dalam rongga mulut, terdapat kelenjar saliva. Kelenjar saliva adalah cairan kental yang diproduksi oleh kelenjar ludah. Volume saliva yang diekskresikan selama 24 jam diperkirakan 1-1,5 liter. Derajat keasaman (pH) saliva berkisar antara 6,2-7,6 dengan rata-rata 6,7. Sedangkan untuk suhu didalam rongga mulut adalah sekitar 37 ^{o}C, Amerogen (1991).

A. Komposisi Saliva

Saliva terdiri dari 99,05% air dan 0,5% substansi yang larut. Beberapa komposisi saliva adalah :

1. Protein

   Beberapa jenis protein yang terdapat didalam saliva adalah :

   a) Mucoid

      Merupakan sekelompok protein yang sering disebut dengan mucin dan memberikan konsistensi mukus pada saliva.

   b) Enzim

      Enzim yang ada pada saliva dihasilkan oleh kelenjar saliva dan beberapa diantaranya merupakan produk dari bakteri dan leukosit yang ada pada rongga mulut.

   c) Protein Serum

      Saliva dibentuk dari serum maka sejumlah serum protein yang kecil ditemukan didalam saliva. *Albumin* dan *globulin* termasuk kedalam serum saliva.

   d) Waste Products

      Pada saliva juga ditemukan sebagian kecil dari waste product pada serum, urea dan uric acid.

2. Ion-ion Inorganik

   Ion-ion utama yang ditemukan dalam saliva adalah kalsium dan fosfat yang berperan penting dalam pembentukan kalkulus. Ion-ion yang memiliki jumlah yang lebih kecil terdiri dari sodium, potasium, klorida, sulfat dan ion-ion lainnya.

3. Gas

Pada saat pertama kali saliva dibentuk, saliva mengandung gas oksigen yang larut, nitrogen dan karbon dioksida dengan jumlah yang sama dengan serum. Ini memperlihatkan bahwa konsentrasi karbon dioksida cukup tinggi dan hanya dapat dipertahankan pada larutan yang memiliki tekanan didalam kelenjar duktus, tetapi pada saat saliva mencapai rongga mulut banyak karbon dioksida yang lepas.

4. Zat-zat Aditif di Rongga Mulut

   Merupakan berbagai substansi yang tidak ada didalam saliva pada saat saliva mengalir dari dalam duktus, akan tetapi menjadi bercampur dengan saliva didalam rongga mulut. Yang termasuk kedalam zat-zat aditif yaitu mikroorganisme, leukosit dan *dietary substance*.

Dengan demikian, pengujian in vitro yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan kondisi lingkungan menggunakan air 99,5% air dari 1-1,5 liter dan 0,5% substansi yang larut disini adalah kalsium dan potasium, dengan derajat keasaman (pH) 6,7 serta suhu dipertahankan sekitar 37 ^{o}C atau suhu ruangan.

2.12 *Scanning Electron Microscope* (SEM)

SEM merupakan salah satu jenis mikroskop yang bisa digunakan untuk mendapatkan pembesaran gambar yang melibihi mikroskop optik biasa. Cara terbentukya gambar pada SEM berbeda dengan apa yang terjadi pada mikroskop optik. Pada SEM, gambar di buat berdasarkan deteksi elektron baru (elektron sekunder) atau elektron pantul yang muncul dari permukaan sempel ketika permukaan sampel tersebut dipindai dengan sinar elektron. Elektron sekunder atau elektron pantul yang terdeteksi selanjutnya diperkuat sinyalnya, kemudian besar amplitudonya ditampilkan dalam gradasi gelap-terang pada layar monitor CRT (cathode raytube). Di layar CRT inilah gambar struktur obyek yang sudah diperbesar agar bisa dilihat.

2.13 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka diatas maka hipotesis yang dapat di simpulkan adalah penambahan pasir zirkon ($ZrSiO_4$) yang semakin banyak pada pembuatan keramik akan memyebabkan laju keausan menurun, Hal ini karena dipengaruhi oleh komponen bahan yang lebih keras. Proses sintering sangat mempengaruhi perubahan dimensi sampel (*shrinkage*), dimana semakin tinggi temperatur sintering maka penyusutan akan semakin meningkat. Karena pada saat pembakaran dilakukan terjadi proses penguapan air yang diikuti dengan proses pemadatan bahan keramik dan pengecilan pori-pori keramik.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental nyata (*true experimental research)* yaitu pengamatan yang dilakukan secara langsung dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh variasi persentase zirkon ($ZrSiO_4$) pada keramik modern terhadap keausan dan susut bakar. Data dan informasi pendukung diperoleh dari kajian buku, artikel dan jurnal yang diperoleh dari perpustakaan dan internet untuk menambah informasi yang diperlukan.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian mengenai pengaruh variasi persentase zirkon ($ZrSiO_4$) pada keramik modern terhadap keausan dan susut bakar ini akan dilaksanakan pada tanggal 15 April - 15 Mei 2018. Pembuatan spesimen dan pengujian dilakukan di Laboratorium αβγ Landungsari, Malang.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Variabel bebas

   Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan sebelum penelitian dilakukan. Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

   - Kaolin 65%, *Feldspar* 15%, Silikat 10%, Zirkon 10%
   - Kaolin 60%, *Feldspar* 15%, Silikat 10%, Zirkon 15%
   - Kaolin 55%, *Feldspar* 15%, Silikat 10%, Zirkon 20%
   - Kaolin 50%, *Feldspar* 15%, Silikat 10%, Zirkon 25%

2. Variabel terikat

   Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung dari variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah sebagai berikut:

- Keausan yang terjadi pada keramik
- Nilai dari volume *shrinkage* (susut bakar)

3. Variabel kontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya ditetapkan, dalam hal ini yang menjadi variabel terkontrol pada penelitian ini adalah:

- Temperatur pembakaran 1200 ^{o}C (dijaga konstan pada saat holding dengan cara mengontrol besar api bunnernya saat pembakaran spesimen dilakukan, keluaran gas Lpj dengan udara nya juga tetap dikontrol agar tekanan tidak turun)
- Tekanan pencetakan 200 kg/cm^2

$$P_{benda} = \frac{F_{alat}}{A_{benda}} = \frac{P_{alat} . A_{alat}}{A_{benda}}$$

$$= \frac{200 \frac{kg}{cm^2} . 13{,}854\ cm^2}{12{,}56\ cm^2} = 220{,}6\ kg/cm^2$$

- Waktu penekanan 10 menit/spesimen

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat

1. Timbangan Elektrik

Spesifikasi :

Fungsi = Untuk menimbang bahan yang akan digunakan.
Merek = AND EK-300i made in Japan.
Kapasitas maksimal beban = 300 gram.
Ketelitian = 0,01 gram.
Arus = 100 mA.
Voltase = 7-10 V.

2. Mesin Pengguncang Rotap

Spesifikasi :

Fungsi = Untuk menyaring pasir dan mengukur besar mesh.
Jenis = Rotap
Tipe = VS1
Merek = Retsch
Buatan = Jerman Barat
Voltase = 220 V
Daya = 430 Watt

Frekuensi = 50 Hz

3. Tungku Pembakaran

Spesifikasi :

Fungsi = Untuk pembakaran bahan keramik.

Maksimal suhu = 1300 ^{o}C.

Dimensi in gate = 23 x 33 cm

Dimensi dalam = 45 x 40 x 45 cm

4. Pressure Gauge

Spesifikasi :

Fungsi = Untuk mengukur tekanan.

Merek = Tekiro

Ukuran = 0 – 600 kg/cm^2

0 – 8000 psi

5. Hydraulic Press

Spesifikasi :

Fungsi = Untuk menekan campuran bahan keramik.

Kapasitas maks. = 5 Ton.

6. Cetakan

Alat ini digunakan untuk membuat spesimen uji dan *prothesa* (gigi tiruan)

Spesifikasi:

Diameter dalam = 40 mm

7. Thermometer

Spesifikasi :

Fungsi = Mengukur suhu pembakaran

Ketelitian = 9999^{o}C

8. Vernier caliper digital

Spesifikasi alat:

Merek = Hommel

Tipe = INOX

Ketelitian = 0,001 mm

9. Alat Uji Keausan

Spesifikasi alat:

Pembebanan = 0 – 25 kg

Putaran maksimal = 550 rpm

(a) Mesin Pengguncang Rotap

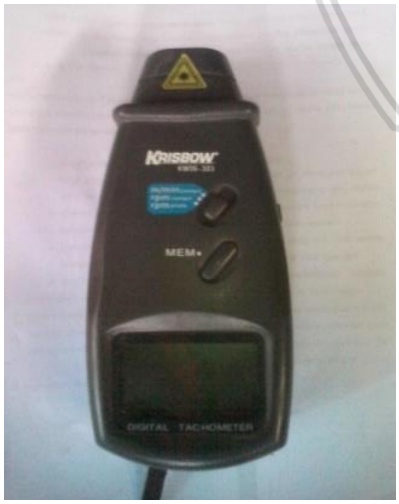
(b) Alat Uji Keausan

(c) *Pressure Gauge*

(d) Timangan Elektrik

(e) Thermometer

(f) *Vernier Caliper Digital*



(g) *Digital Tachometer*

Gambar 3.1 Alat-alat ukur penelitian

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(a) Cetakan Spesimen Uji

(b) Alat Penekanan

(c) Tungku Pembakaran

(d) Cetakan Gigi Tiruan

Gambar 3.2 Peralatan proses

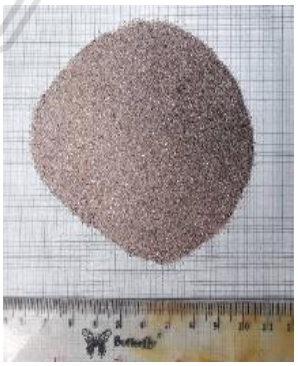
3.4.2 Bahan

Bahan yang akan digunakan untuk membuat keramik pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

(a) Kaolin

(b) Silika

(c) Feldspar



(d) Zirkon ($ZrSiO_4$)

Gambar 3.3 Bahan baku pembuatan keramik

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

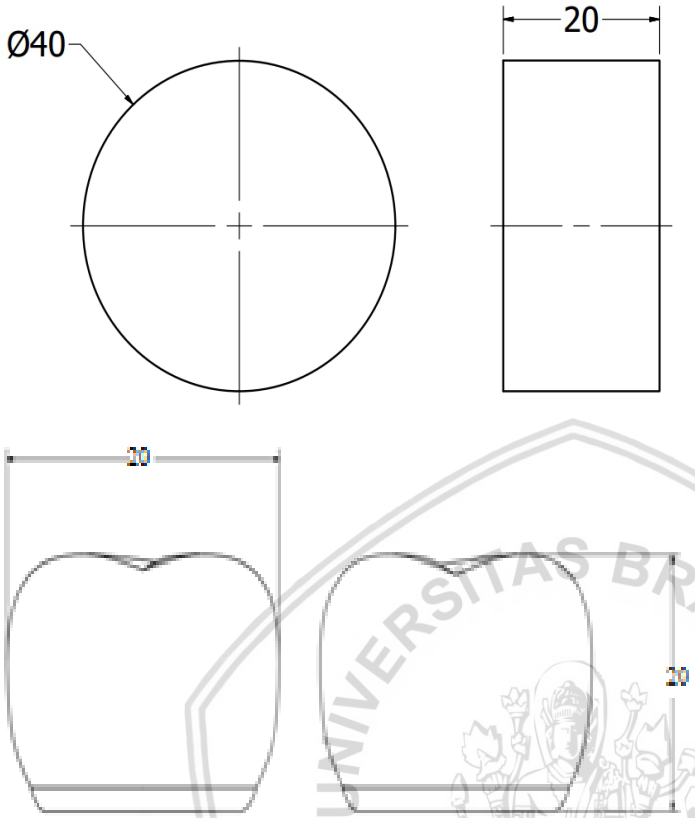
3.5 Skema Penelitian

Gambar 3.4 Skema penelitian

3.6 Proses Pembuatan Spesimen

1. Mempersiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan
   Mengayak bahan baku dengan ayakan. (Penjaminan homogenitas pengadonan dalam antar batas sangat penting karena dapat menghasilkan nilai refresentatif, refresentatif maksudnya disini ialah bahwa adonan tesebut dapat mewakili kualitas hasil pengadukan. Adonan yang memiliki homogenitas yang cukup tinggi akan berdampak pada produktivitas adonan, adonan yang baik adalah cukup kental tetapi tidak terlalu kering atau tidak encer dan memiliki daya serap yang baik ukuran batas harus memiliki harus sama).
2. Menimbang bahan sesuai dengan komposisi yang akan dibuat.
3. Mencampur serbuk keramik yang telah di mesh dengan zirkon lalu masukan air, kemudian di aduk.
4. Campuran keramik yang telah siap kemudian dicetak menggunakan cetakan spesimen dengan gaya penekanan 200 kg/cm^2 dengan waktu 10 menit.
5. Spesimen dikeluarkan dari cetakan.
6. Kemudian spesimen dikeringkan pada udara *atmosfer* selama 1 minggu.
7. Setelah kering kemudian dibakar pada tungku pembakaran dengan suhu kisaran 1100 - 1300 ^{o}C selama 2 jam.

3.7 Dimensi Spesimen



Gambar 3.5 Desain spesimen

3.8 Prosedur Penelitian

1. Mempelajari literatur tentang material keramik.
2. Mencari permasalahan tentang keramik yaitu mengenai keausan dan susut bakar dengan penambahan persentase zirkon ($ZrSiO_4$).
3. Mempersiapkan alat, cetakan dan bahan untuk pembuatan spesimen.
4. Membuat spesimen benda uji dan gigi tiruan.
5. Melakukan pembakaran spesimen sesuai dengan tempertur yang telah ditentukan.
6. Jika keramik yang dihasilkan terdapat cacat retak atau pecah maka kembali ke langkah 4, jika tidak maka lanjut ke langkah selanjutnya.
7. Melakukan pengujian keausan dan susut bakar pada spesimen uji.
8. Mengambil data hasil pengujian keausan dan susut bakar.
9. Menganalisa data hasil pengujian keausan dan susut bakar.
10. Membuat kesimpulan dan saran.

3.9 Rancangan Penelitian

Untuk mengetahui pengaruh variasi persentase zirkon ($ZrSiO_4$) dan komposisi bahan baku pada keramik modern terhadap keausan dan susust bakar, maka langkah pertamayang dilakukan adalah terlebih dahulu membuat model rancangan penelitian (*experimental design*) agar hasil atau data diperoleh dapat diolah lebih lanjut.

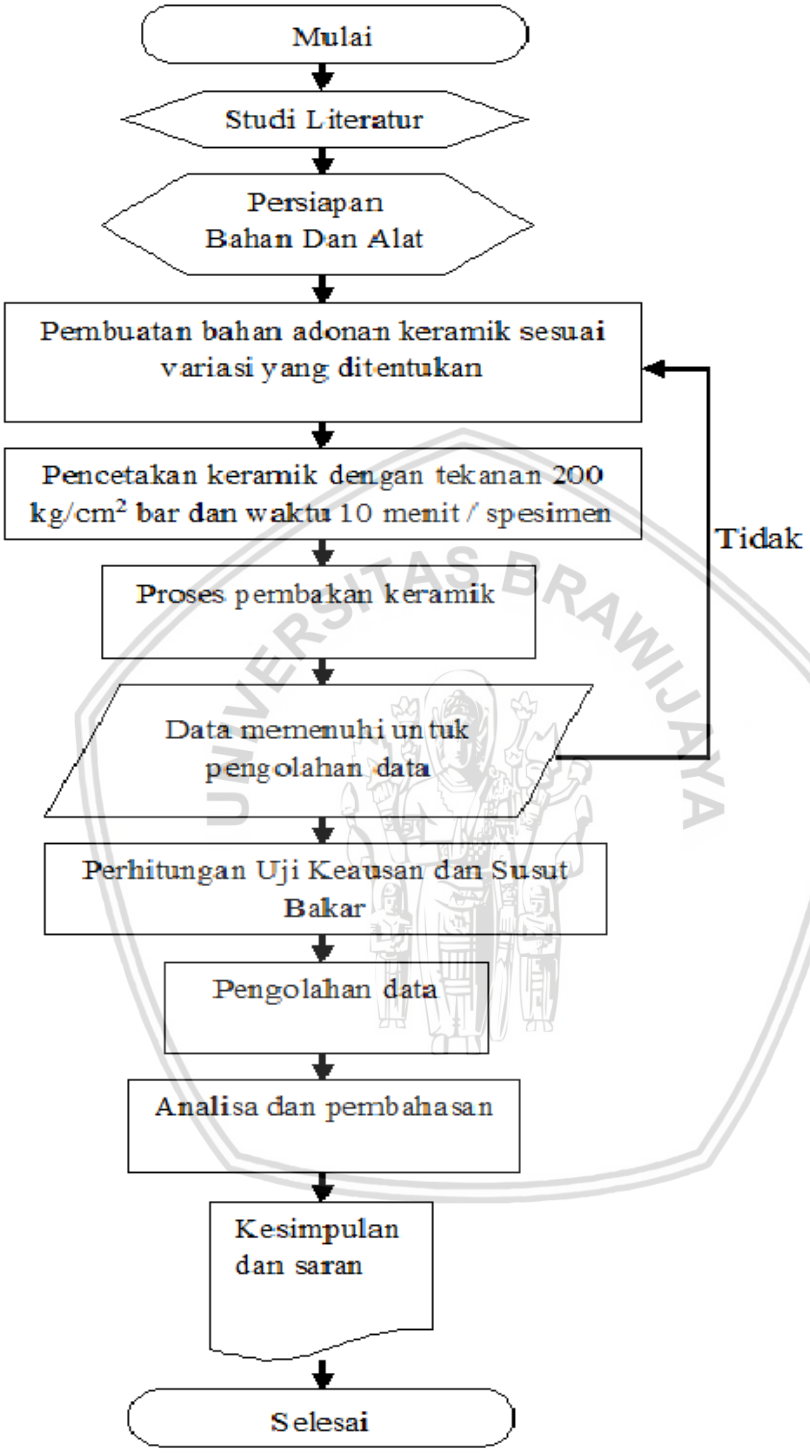
Tabel 3.1
Variasi persentase zirkon ($ZrSiO_4$) dan komposisi bahan baku terhadap keausan susut bakar

Spesimen	Zirkon (g)	Kaolin (g)	Silika (g)	Feldspar (g)	Keausan (mm^3/Nm)	Susut bakar (%)
I	10	65	10	15		
II	15	60	10	15		
III	20	55	10	15		
IV	25	50	10	15		

3.10 Analisa Grafik

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

3.11 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.6 Diagram alir penelitian

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

4.1.1 Data Hasil Perhitungan Laju Keausan

Untuk menghitung laju keausan, maka digunakan perumusan laju keausan ASTM G99 yang merupakan sebuah rumusan dan pemodelan yang mudah untuk menjelaskan laju keausan secara umum. Lamanya pengujian setiap spesimen benda uji adalah 10 menit, benda uji ditimbang menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 1 mg. Perubahan berat spesimen merupakan selisih dari berat spesimen sebelum dan sesudah dilakukan pembakaran. Adanya selisih berat spesimen ini menunjukkan terjadinya keausan pada material yang di tandai dengan hilangnya berat dari spesimen tersebut.

ΔW = Berat awal – Berat akhir

Dimana :

ΔW = Berat (gram)

Perubahan volume di hitung dengan rumus:

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

Keterangan:

ΔW = perubahan berat spesimen (gram)

ρ = massa jenis material komposit (gram/cm^3)

ΔV = perubahan volume spesimen (cm^3)

Kemudian laju keausan material (K') dapat dihitung menggunakan rumus:

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

Keterangan:

K' = nilai laju keausan spesifik (mm^3/Nm)

ΔV = perubahan volume spesimen (cm^3)

F = beban normal (29,42 N)

L = panjang *wear track* (474,6 m)

Massa jenis bahan baku

Zirkon : 4,7 gram/cm^3

Kaolin : 2,41 gram/cm^3

Feldspar : 2,52 gram/cm^3

Silika : 2,65 gram/cm^3

Tabel 4.1
Massa jenis material komposit pada setiap spesimen

Spesimen	ρ material komposit gram/cm^3
I	2,68
II	2,79
III	2,91
IV	3,02

Berikut contoh perhitungannya pada spesimen I :

Berat awal : 34,925 gram

Berat akhir : 34,830 gram

ΔW = Berat awal – Berat akhir

= 34,925 – 34,830

= 0,095 gram

Dimana :

ΔW : berat (gram)

Perubahan volume di hitung dengan rumus:

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

$$\Delta V = \frac{0{,}095}{2{,}68}$$

= 0,0354 cm^3

= 35,4081 mm^3

Kemudian laju keausan material (K') dapat dihitung menggunakan rumus:

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

$$K' = \frac{35{,}4081}{29{,}42.474{,}6}$$

= 0,0025 mm^3/Nm

Dari contoh perhitungan diatas maka didapatkan data-data hasil perhitungan susut bakar setiap variasi pada spesimen sebagai berikut:

Tabel 4.2
Data Hasil Perhitungan Laju Keausan

Spesimen	Berat awal (gram)	Berat akhir (gram)	Perubahan berat (gram)	perubahan volume (cm^3)	perubahan volume (mm^3)	Laju keausan (mm^3/Nm)
1	34,925	34,83	0,095	0,035	35,408	0,0025
2	37,055	36,965	0,09	0,032	32,166	0,0023
3	40,87	40,785	0,085	0,029	29,179	0,0021
4	39,695	39,625	0,07	0,023	23,117	0,0017

4.1.2 Data Hasil Perhitungan Susut Bakar

Dari hasil data pengujian keramik sebelum proses pembakaran selanjutnya dapat menghitung volume setiap spesimen denga menggunakan standard ASTM D 955-00 sebagai berikut :

V*sebelum bakar* = π x (r1)² x (t1)
= π x (1,985)² x 1,68
= 20,94 cm³

V*sesudah bakar* = π x (r2)² x (t2)
= π x (1,965)² x 1,63
= 20,18 cm³

Untuk menghitung nilai susut bakar menggunakan perumusan sebagai berikut:

Berikut adalah contoh perhitungan pada spesimen I :

- Susut bakar sebelum pembakaran 20,94 cm^3
- Susut bakar sesudah pembakaran 20,18 cm^3

$$\text{Susut Bakar} = \frac{\text{Volume sebelum bakar-Volume sesudah bakar}}{\text{Volume sebelum bakar}} \text{ x } 100\ \%$$

$$\text{susut bakar} = \frac{20{,}94 \ - 20{,}18}{20{,}94} \text{ x } 100\%$$

$$\text{susut bakar} = 3{,}66\ \%$$

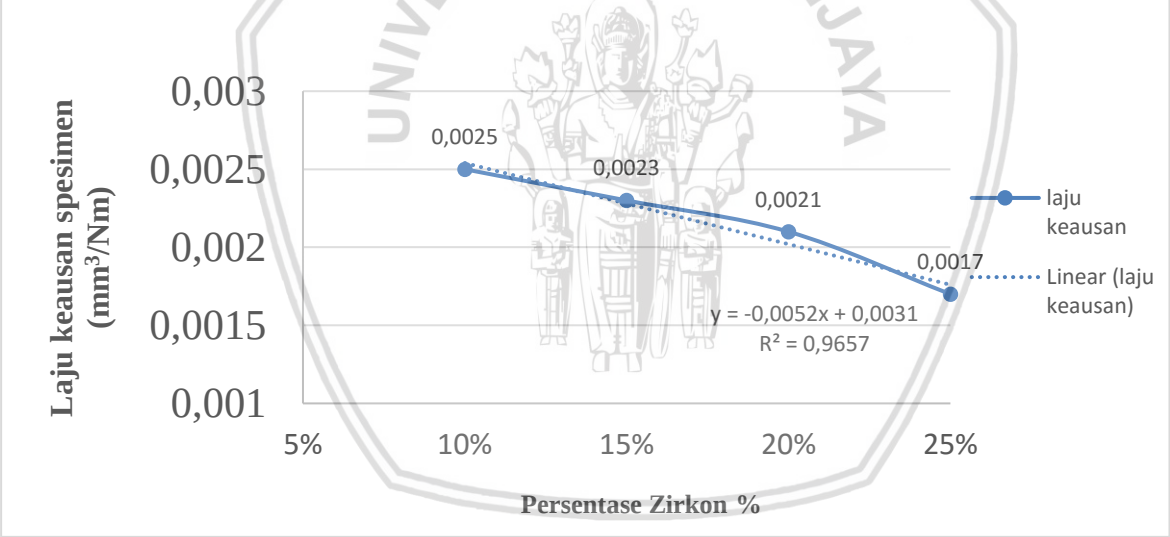
Dari contoh perhitungan diatas maka didapatkan data-data hasil perhitungan susut bakar setiap variasi pada spesimen sebagai berikut:

Tabel 4.3
Data Hasil Perhitungan Susut Bakar

Specimen	Tinggi sebelum bakar (cm)	Tinggi sesudah bakar (cm)	Diameter sebelum bakar (cm)	Diameter sesudah bakar (cm)	Susut sebelum bakar (cm^3)	Susut sesudah bakar (cm^3)	Susut bakar (%)
1	1,68	1,635	3,97	3,93	20,94	20,18	3,66
2	1,935	1,89	3,95	3,93	23,99	23,32	2,82
3	1,735	1,71	3,96	3,94	21,57	21,15	1,94
4	1,865	1,84	3,97	3,96	23,25	22,87	1,59

4.2 Pembahasan Grafik

4.2.1 Hubungan Antara Variasi Persentase Zirkon ($ZrSiO_4$) dan Bahan Baku pada Keramik Modern Terhadap Keausan



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara variasi persentase zirkon ($ZrSiO_4$) dan bahan baku pada keramik modern terhadap keausan

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa Laju keausan menurun seiring dengan kenaikan fraksi berat zirkon ($ZrSiO_4$) sampai 25%. Laju keausan terendah terdapat pada penambahan fraksi berat zirkon ($ZrSiO_4$) 25% yaitu sebesar 0,0017 mm^3/Nm dan laju keausan tertinggi terdapat pada penambahan fraksi berat zirkon ($ZrSiO_4$) 10% yaitu sebesar 0,0025 mm^3/Nm. Laju keausan dipengaruhi oleh komponen bahan yang lebih keras yaitu zirkon ($ZrSiO_4$) dan juga dipengaruhi oleh ikatan antara zirkon ($ZrSiO_4$) dan bahan baku keramik. Keausan juga di pengaruhi oleh perbedaan penambahan kaolin pada setiap

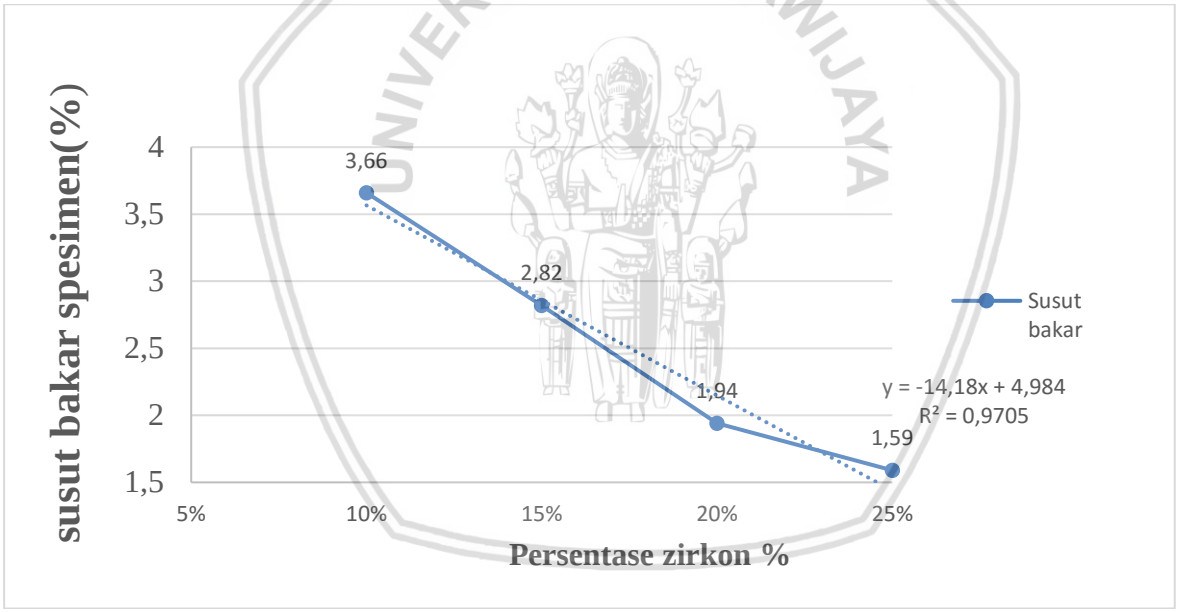
spesimen, dimana semakin sedikit kaolin maka nilai keausan semakin rendah. Zainal (2015) menyatakan, kaolin merupakan bahan keramik seperti lempung (*clay*) berupa *hidrous alumino* silikat dan bila ditambah air akan menjadi campuran plastis yang dapat diolah menjadi bentuk sesuai yang kita kehendaki.

Dari hasil penelitian saya ini, saya membandingkan dengan hasil penelitian sebelum nya dimana, Kristasari (2016) melakukan penelitian tentang Studi eksperimental laju keausan material gigi tiruan dari resin akrilik berpenguat fiberglass dengan variasi susunan serat penguat. Hasil penelitian ini menunjukkan laju keausan terbesar sebesar 0.012 mm^3/Nm yang terdapat pada material resin akrilik tanpa penguat serat dan nilai laju keausan yang terkecil yaitu pada material resin akrilik berpenguat 7% serat sebesar 0.0006 mm^3/Nm. Dari hasil penelitian tersebuat saya menarik kesimpulan bahwa semakin banyak kandungan serat dalam material resin akrilik akan menurun kan laju keausan. Sama hal nya dengan hasil penelitian yang saya lakukan, dimana semakin banyak penambahan persentase zirkon ($ZrSiO_4$) dalam material spesimen saya akan menurunkan laju keausan ketika di uji. Begitu juga sebalik nya jika penambahan persentase zirkon yang semakin sedikit akan menyabebakan laju keausan yang semakin tinggi.

Dari keempat variasi spesimen yang telah saya buat tersebut, persentase bahan baku yang dapat dijadikan untuk membuat gigi tiruan adalah spesimen yang keempat. Karena memiliki nilai laju keausan yang lebih rendah dengan penambahan persentase zirkon ($ZrSiO_4$) lebih tinggi. Jika di lihat dari segi keausan yang terjadi di spesimen uji, keausan yang terjadi adalah keausan lelah (*fatigue wear*). Karena keausan ini terjadi akibat interaksi permukaan, dimana permukaan yang mengalami beban berulang akan mengarah pada pembentukan retak - retak mikro. Retak - retak mikro tersebut pada akhirnya menyatu dan menghasilkan pengelupasan material. Jejak keausan yang terjadi dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

Gambar 4.2 Foto jejak keuasan lelah yang terjadi di spesimen uji

4.2.2 Grafik Hubungan Antara Variasi Persentase Zirkon ($ZrSiO_4$) dan Bahan Baku pada Keramik Modern Terhadap Susut Bakar



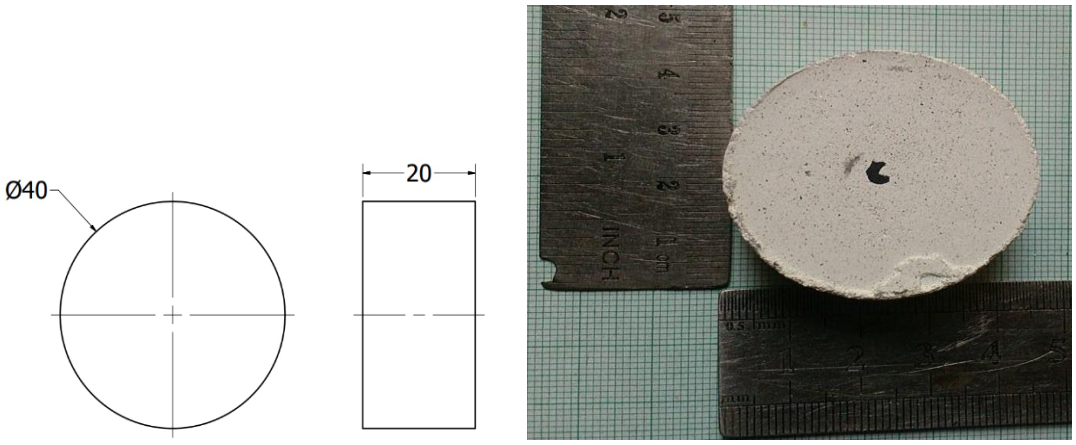
Gambar 4.3 Grafik hubungan antara variasi persentase zirkon ($ZrSiO_4$) dan bahan baku pada keramik modern terhadap susut bakar.

Dari gambar diatas menunjukkan bahwa nilai susut bakar pada setiap spesimen berbeda-beda, spesimen ke empat memiliki nilai susut bakar paling rendah, ini disebabkan oleh semakin tinggi kandungan zirkon dalam material akan menyebabkan susut bakar juga menurun. Penyusutan badan keramik dipengaruhi juga oleh proses *sintering*, dimana semakin tinggi temperatur *sintering* maka susut bakar juga akan meningkat. Hendri (2012) menyatakan, terjadinya proses *sintering* mengakibatkan partikel-partikel bahan keramik saling mendekat menjadi struktur yang rapat dan bahkan sangat kuat. Pada dasarnya,

proses *sintering* merupakan peristiwa penghilangan pori-pori antara bahan, disaat yang sama terjadi juga penyusutan komponen dan diikuti oleh pengingkatan ikatan antara partikel yang berdekatan. Susut bakar juga di pengaruhi oleh perbedaan penambahan persentase kaolin pada setiap spesimen. Semakin sedikit kaolin maka nilai susut bakar akan semakin menurun, nilai susut bakar paling tinggi berada pada spesimen pertama dengan persentase kaolinnya sebesar 65% dan nilai susut bakar sebesar 3,66 %, nilai susut bakar paling rendah berada pada spesimen keempat yang persentase kaolinnya sebesar 50% dan nilai susut bakar sebesar 1,59 %. (Sardjono, 2007) menyatakan, semakin tinggi kandungan kaolin yang ada dalam badan keramik, maka semakin besar pula penyusutan setelah dilakukan pemanasan (pembakaran). Dengan terjadinya penyusutan tinggi maka secara otomatis akan terjadi penyusutan volume keramik. Penyusutan ini terjadi kemungkinan disebabkan karna selama proses pemanasan (pembakaran) dari keadaan awal sampai diperoleh produk keramik yang kuat dan mampat adalah adanya perubahan bentuk dan ukuran pori. Kingery et al (1975) menyatakan, semakin tinggi kandungan material bahan baku non plastis pada badan keramik maka penyusutan akan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena material bahan baku non plastis memiliki sifat penyusutan yang rendah. Dengan adanya bahan baku non plastis pada pembuatan badan keramik ini akan sangat membantu dalam mengurangi penyusutan dimensi keramik.

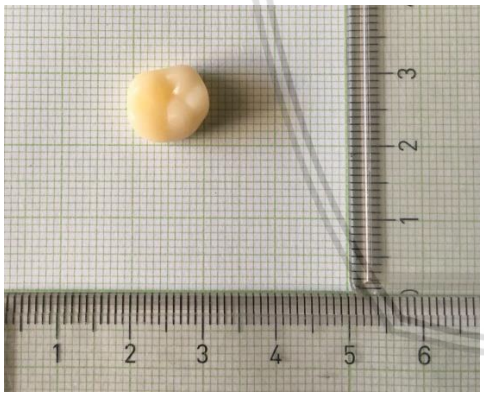
4.2.3 Analisis Hasil Gigi Tiruan Dengan Spesimen Gigi

Dapat dilihat dari hasil penelitian dibawah, menunjukkan hasil warna antara spesimen uji, gigi tiruan dari keramik yang berbahan zirkon, kaolin, feldspar dan silika cenderung memiliki warna yang sama dengan gigi manusia. Kecenderungan warna yang sama ini adalah karena dalam pembuatan spesimen uji dan gigi tiruan tersebut menggunakan persentase kaolin yang paling banyak. Kaolin merupakan bahan baku yang paling penting dalam pembuatan keramik dan paling putih di antara bahan-bahan baku keramik lainnya. Sifat-sifat kaolin antara lain: Dalam keadaan kering berwarna putih, Memberi warna putih pada badan keramik, dan Setelah dibakar berwarna putih.



(a)

(b)



(c)

Gambar 4.4 (a) hasil speseimen uji, (b) hasil spesimen gigi tiruan, (c) gigi manusia

Dari hasil pembuatan gigi tersebut jika di optimalkan lebih lanjut lagi dapat di jadikan referensi buat kedokteran gigi atau tukang-tukang pembuatan gigi palsu di pasaran. Jadi jika produk gigi tersebut dapat di jual ke kedokteran gigi yang menangani pembautan gigi, selain bahan-bahan gigi tiruan dari keramik mudah di dapat dan di jumpai di indonesia, bahan-bahan tersebut sangat murah. Sehingga dengan demikian masyarakat akan terbantu

dengan hal tersebut karena harganya yang terjangkau oleh masyarakat yang ekonominya lemah.

4.3 *Scanning Electron Microscope* (SEM)

(a) (b)

Gambar 4.5 (a) Hasil foto SEM perbesaran 2000x, (b) Permukaan Gigi Asli dengan Perbesaran 3000x

Pada gambar 4.5 (a) menunjukkan hasil foto SEM (Scanning Electron Microscope) dari spesimen dengan perbesaran 2000x. Terlihat bahwa permukaan spesimen (a) sangat kasar apabila dibandingkan dengan permukaan gigi asli (b) masih terdapat butiran yang belum menyatu dan terdapat gumpalan-gumpalan yang menghasilkan pori-pori dan menyebabkan terjadinya keausan dan penyusutan. Akibat dari serpihan-serpihan serbuk yang kurang halus tersebut menunjukkan kekerasan yang rendah, hal ini akan menyebabkan keausan mudah terjadi.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang pengaruh persentase zirkon ($ZrSiO_4$) pada keramik modern terhadap keausan dan susut bakar diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin banyak penambahan persentase zirkon ($ZrSiO_4$) pada setiap spesimen menyebabkan nilai laju keausan menurun. Laju keausan terendah terdapat pada penambahan fraksi berat zirkon ($ZrSiO_4$) 25% yaitu sebesar 0,0017 mm^3/Nm dan laju keausan tertinggi terdapat pada penambahan fraksi berat zirkon ($ZrSiO_4$) 10% yaitu sebesar 0,0025 mm^3/Nm. Jika di lihat dari segi keausan yang terjadi di spesimen uji, keausan yang terjadi adalah keausan lelah (*fatigue wear*).
2. Semakin banyak komposisi penambahan kaolin pada setiap spesimen menyebabkan susut bakar semakin meningkat. nilai susut bakar paling tinggi berada pada spesimen ke pertama dengan persentase kaolinnya sebesar 65% dan nilai susut bakar sebesar 3,66 %, nilai susut bakar paling rendah berada pada spesimen keempat yang persentase kaolinnya sebesar 50% dan nilai susut bakar sebesar 1,59 %.

5.2 Saran

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut lagi mengenai variasi pembakaran dan lama pencetakan saat penekanan guna menunjang dan melengkapi hasil penelitian.
2. Pada saat melakukan pencampuran adonan hendaknya diperhatikan lagi dalam penambahan air.
3. Pada saat pengambilan hasil pencetakan dari cetakan lebih hati-hati agar tidak terjadi hal yang tidak diinginkan seperti spesimen terjatuh, spesimen retak-retak dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

Amerogen, A. 1991, *Ludah dan Kelenjar Ludah Arti Bagi Kesehatan Gigi*, Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

Astuti, Ambar, 1997, *Pengetahuan Keramik*, Yogyakarta : Gajah Mada University Press.

ASTM G99-04 Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on Dist Apparatus, Philadelpia, PA : American Society for Testing and Materials.

Budiyanto, Yung, 2008, Buku petunjuk praktik kriya keramik, Universitas Pelita Harapan.

Callister Jr, William D, 2007, *Material Science and Engineering, 7nd edition*, Jhon Wolley & Sons, Inc., New York.

Harsono, Heru, 2002, Pengaruh Komposisi Bahan Dasar Pembuatan Keramik Terhadap Sifat Fisik Keramik, Jurnal, Malang: MIPA Universitas Brawijaya.

Hendri, 2012, Pengujian sifat termal biokeramik sebagai bahan gigi tiruan, jurusan fisika Unhas, Jalan Perintis Kemerdekaan KM 10 Makassar 90245.

Handbook Ninth Edition, 1985, Mechanical Testing, ASM, Volume 8.

Joelianingsih, 2004, Peningkatan Kualitas Genteng Keramik Dengan Penambahan Sekam Padi dan Daun Bambu, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Kingery, W.D, 1975, Introduction to Ceramics, New York: John Willey and Sons Inc.

Kristasari, Prastika, 2016, Studi eksperimental laju keausan material gigi tiruan dari resin akrilik berpenguat fiberglass dengan variasi susunan serat penguat, Jurusan Teknik Mesin, ITS Surabaya.

Metal Handbook Ninth Edition, 1985, *Mechanical Testing*, ASM, Volume 8.

Priyono, Slamet, & Febrianto, E.Y, 2012), Pemurnian Serbuk *Zirkonia* dari *Zirkon*, *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, Volume 30 (1) : 1-6.

Subarmono, 2011, Pemanfaatan bahan *Zirkonia* (ZrO_2) sebagai penguat *Aluminium Matrix Composite* (AMC), Universitas Gadjah Mada.

Sardjono, 2007, Penentuan Komposisi Bahan Mineral Penyusun Keramik Untuk Immobil/Sasi L/Mbah Radioaktif, P3TM-BATAN, JI. Babarsari Kalak Pas 1008, Yagyakarla 55010.

Tingley D, Densley, & Serrenho, A.C, 2015, *Technical handbook on zirconium and zirconium compounds*, England: *Zircon Industry Association*.

Wibowo Pandhu, 2013, Pengaruh komposisi tanah liat, kaolin dan kwarsa serta suhu pembakaran terhadap sifat keramik modern, Perpustakaan pusar Universitas Gadjah Mada.

Widianingrum Dwi, 2012, Studi Eksperimental laju keausan (*Specefic wear rate*) resin akrilik dengan penambahan serat penguat pada dental prosthesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Zainal Arifin, 2015, Pengaruh penambahan arang pada keramik terhadap kekerasan dan keausan Skripsi, Malang: Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Brawijaya.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA