

**PENGARUH PENGGLASIRAN TERHADAP SIFAT *CERAMIC*
HOLDER PADA PEMBAKARAN TUNGGAL DAN
PEMBAKARAN GANDA**

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI MANUFAKTUR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



EKA PRASETYO

NIM. 145060200111016

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG**

2018

LEMBAR PENGESAHAN
PENGARUH PENGGLASIRAN TERHADAP SIFAT *CERAMIC*
***HOLDER* PADA PEMBAKARAN TUNGGAL DAN PEMBAKARAN**
GANDA

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



EKA PRASETYO
NIM. 145060200111016

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 16 Juli 2018

DOSEN PEMBIMBING I

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

DOSEN PEMBIMBING II

Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc.
NIP. 19490911 198403 1 001

Mengetahui,
KETUA PROGRAM STUDI S1



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

JUDUL SKRIPSI:

PENGARUH PENGGLASIRAN TERHADAP SIFAT *CERAMIC HOLDER* PADA PEMBAKARAN TUNGGAL DAN PEMBAKARAN GANDA

Nama Mahasiswa : Eka Prasetyo
NIM : 145060200111016
Program Studi : Teknik Mesin
Minat : Teknik Manufaktur

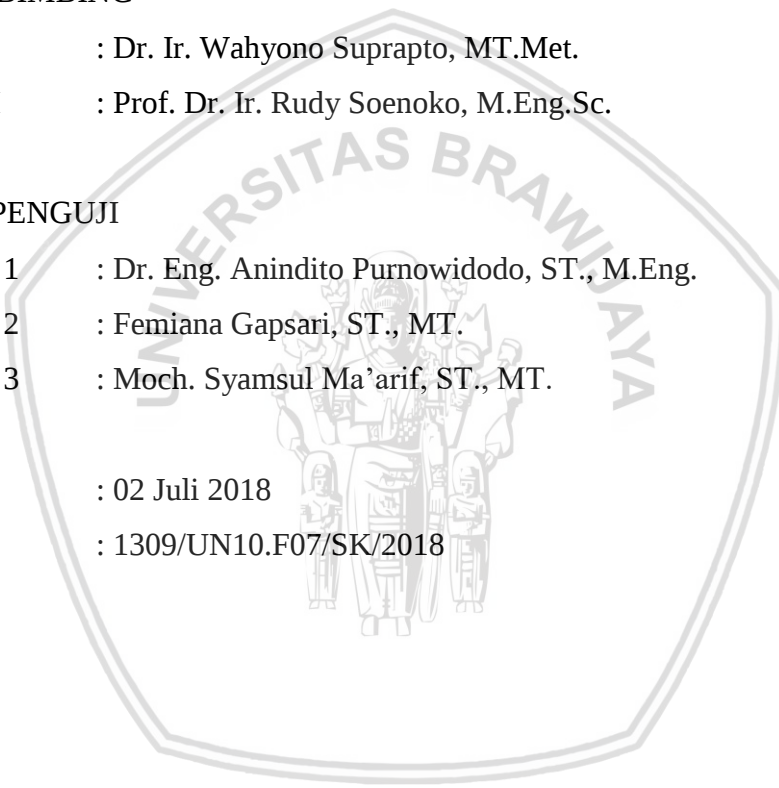
KOMISI PEMBIMBING

Pembimbing I : Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT.Met.
Pembimbing II : Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc.

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Dr. Eng. Anindito Purnowidodo, ST., M.Eng.
Dosen Penguji 2 : Femiana Gapsari, ST., MT.
Dosen Penguji 3 : Moch. Syamsul Ma'arif, ST., MT.

Tanggal Ujian : 02 Juli 2018
SK Penguji : 1309/UN10.F07/SK/2018



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang sepengetahuan 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 pernah 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, 14 Juli 2018

Mahasiswa,



Eka Prasetyo
NIM. 145060200111016

UNIVERSITAS BRAWIJAYA





**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA**



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 096/UN10.F07.12.21/PP/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

EKA PRASETYO

Dengan Judul Skripsi :

**PENGARUH PENGGLASIRAN TERHADAP SIFAT CERAMIC HOLDER PADA
PEMBAKARAN TUNGGAL DAN PEMBAKARAN GANDA**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan
dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal **16 JUL 2018**

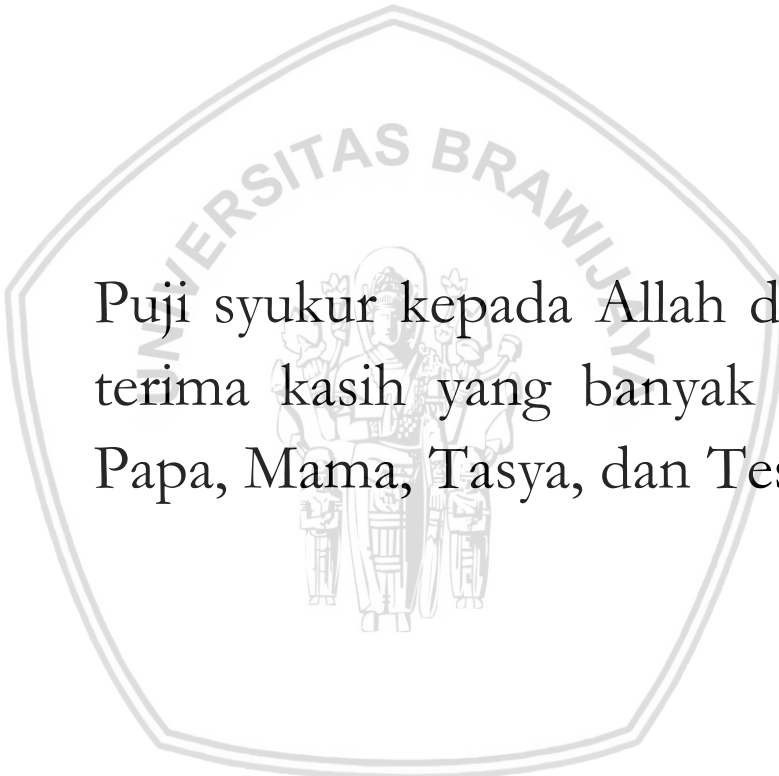


Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D
NIP. 19670518 199412 1 001

Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin

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



Puji syukur kepada Allah dan rasa terima kasih yang banyak kepada Papa, Mama, Tasya, dan Tesya.

RINGKASAN

Eka Prasetyo, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juni 2018, Pengaruh Pengglasiran Terhadap Sifat *Ceramic Holder* pada Pembakaran Tunggal dan Ganda. Dosen Pembimbing: Wahyono Suprpto dan Rudy Soenoko.

Keramik adalah material dengan campuran bahan mineral, logam, dan non-logam yang dikeringkan kemudian dibakar pada temperatur yang tinggi selama kurun waktu tertentu hingga mengalami glasisasi dan berubah sifat secara permanen. Keramik memiliki beberapa sifat, seperti sifat fisik, sifat mekanik, dan sifat kimia. Sifat ini yang membuat keramik dapat digunakan untuk membuat *ceramic holder*. Berdasarkan sifat mekanik, keramik merupakan material yang keras, memiliki kekuatan yang tinggi, kaku, dan juga memiliki ketahanan akan gesekan. Sifat keramik yang keras membuat keramik menjadi getas sehingga mudah mengalami keretakan. Keretakan terjadi akibat beban tekan yang diberikan oleh material lain dengan nilai kekerasan yang lebih besar dibandingkan dengan keramik. Dimana keretakan ini dipengaruhi oleh nilai kekerasan keramik.

Pada penelitian ini, nilai kekerasan berpengaruh untuk mengetahui terjadinya retak pada spesimen keramik. Spesimen keramik ini dibuat dengan bahan baku yaitu kaolin, feldspar, silika, dan juga alumina. Proses pembuatan keramik diawali dengan pengolahan tanah liat, pembentukan, pengeringan, pembakaran, lalu pengglasiran. Variasi pada penelitian ini dilakukan pada proses pembakaran secara tunggal (850°C) dan ganda (1100°C) serta proses pemberian glasir pada spesimen keramik. Jenis spesimen yang akan diuji yaitu spesimen dengan glasir dan tanpa glasir pada pembakaran tunggal serta spesimen dengan glasir dan tanpa glasir pada pembakaran ganda. Bahan baku glasir adalah silika, alumina dan fluks. Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat *Vickers Hardness Tester* sedangkan untuk melihat retakan yang terjadi menggunakan SEM sehingga dapat mengetahui panjang diameter dan panjang retak dari hasil jejak penekanan *indenter*.

Hasil penelitian ini menyatakan bahwa nilai kekerasan *ceramic holder* pada pembakaran tunggal dengan glasir memiliki kekerasan 2.381-2.808 VHN dengan rata-rata kekerasannya adalah 2.547 VHN, dan yang tanpa glasir memiliki kekerasan 1.915-2.761 VHN dengan rata-rata kekerasannya adalah 2.315 VHN. Sedangkan hasil nilai kekerasan *ceramic holder* pada pembakaran ganda dengan glasir memiliki kekerasan 49.516-124.563 VHN dengan rata-rata kekerasannya adalah 97.041 VHN, dan yang tanpa glasir memiliki rentang kekerasan 2.035-4.815 VHN dengan rata-rata kekerasannya adalah 3.632 VHN. Nilai ini didapatkan karena semakin tinggi nilai kekerasan akan membuat *fracture toughness* semakin tinggi. Hasil nilai *fracture toughness ceramic holder* pada pembakaran tunggal dengan glasir memiliki nilai $0.074 \text{ Kg.m}^{1/2}$ dan $0.094 \text{ Kg.m}^{1/2}$, dan yang tanpa glasir memiliki nilai $0.042 \text{ Kg.m}^{1/2}$ dan $0.056 \text{ Kg.m}^{1/2}$. Sedangkan hasil nilai *fracture toughness ceramic holder* pada pembakaran ganda dengan glasir memiliki nilai $0.799 \text{ Kg.m}^{1/2}$ dan $0.988 \text{ Kg.m}^{1/2}$, dan yang tanpa glasir memiliki nilai $0.060 \text{ Kg.m}^{1/2}$ dan $0.123 \text{ Kg.m}^{1/2}$.

Kata Kunci: kekerasan, keramik, pembakaran, pengglasiran, retak, *vickers hardness number*.

SUMMARY

Eka Prasetyo, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, June 2018, *The Effect of Glazing on Ceramic Holder Properties in Single and Double Firing*. Supervisor: Wahyono Suprpto and Rudy Soenoko.

Ceramic is material with compound of minerals, metal, and non-metal which is dried and fired in high temperatures for certain times until ceramic have a glatisation and change the properties into permanent. Ceramic has some properties, like physical properties, mechanical properties, and chemical properties. All of this properties that makes ceramic can be used as ceramic holder. Based on mechanic properties of ceramic, ceramic is a hard material, have a high strength, stiff, and resistant to friction. Ceramic is brittle material which is easy to crack. This crack occur because of pressure load higher strength of ceramic.

In this study, the hardness is important to know how crack happened in ceramic specimen. This ceramic specimen made with kaolin, feldspar, silica and alumina as the raw material. Ceramic manufacturing process start with soil processing, ceramic formation, drying process, firing, and glazing. The variations in this study were firing process in single firing (850°C) and double firing (1100°C) and glazing on ceramic specimens. Types of specimens for testing were specimens with and without glazing in single firing and specimens with and without glazing in double firing. The raw material of glaze are silica, alumina and flux. Hardness test was using Vickers Hardness Tester tool and to find the crack that happened using SEM to know the length of diameter and length of the crack from pressure trace result of the indenter.

The result of this study gave the hardness of ceramic holder hardness in single firing with glaze was 2.381-2.808 VHN with the average of hardness was 2.547 VHN, and without glaze point of hardness was 1.915-2.761 VHN with the average of hardness was 2.315 VHN. While the result of hardness of ceramic holder in double firing with glaze was 49.516-124.563 VHN with the average of hardness was 97.041 VHN, and without glaze point of hardness was 2.035-4.815 VHN with the average of hardness was 3.632 VHN. The higher hardness of ceramic also make the fracture toughness higher. The result of fracture toughness ceramic holder in single firing with glaze was 0.074 Kg.m^{1/2} and 0.094 Kg.m^{1/2}, and without glaze was 0.042 Kg.m^{1/2} and 0.056 Kg.m^{1/2}. While the result of fracture toughness ceramic holder in double firing with glaze was 0.799 Kg.m^{1/2} and 0.988 Kg.m^{1/2}, and without glaze was 0.060 Kg.m^{1/2} dan 0.123 Kg.m^{1/2}.

Keywords: ceramic, crack, firing, glazing, hardness, vickers hardness number.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul **"Pengaruh Pengglasiran Terhadap Sifat Ceramic Holder Pada Pembakaran Tunggal dan Pembakaran Ganda"** ini dengan baik. Laporan skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan gelar program sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Dalam penyelesaian skripsi ini, penulis banyak memperoleh bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.
2. Bapak Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.
3. Bapak Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.
4. Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, MSc.CSE selaku KKDK Produksi Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.
5. Bapak Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT.Met. selaku Dosen Pembimbing I.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Rudy Soenoko, M.Eng.Sc. selaku Dosen Pembimbing II.
7. Papa, Mama, Tasya, dan Tesya sebagai keluarga yang telah memberikan dukungan material, moral, dan spiritualnya.
8. Yosphine Debora Linanda yang selalu mendampingi dan telah membantu penulis dalam penyelesaian skripsi.
9. M14 yang telah membantu dalam mendukung setiap proses seminar yang dilakukan.
10. Laboratorium αβγ selaku tempat penelitian dan asisten laboratorium yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian.
11. Laboratorium Sentral Mesin Universitas Brawijaya dan Laboratorium Teknik Universitas Muhammadiyah Malang selaku tempat pengujian.
12. Semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan lainnya yang telah membantu pelaksanaan dan penyelesaian laporan skripsi ini.

repository.ub.ac.id

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karenanya saran dan kritik membangun dari pembaca sangat diharapkan. Semoga laporan skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan semua pihak yang membutuhkan.

Malang, Juni 2018

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
RINGKASAN.....	x
SUMMARY	xi
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	5
2.2 Keramik	5
2.3 Bahan Baku Keramik.....	9
2.3.1 Clay (Tanah Liat)	9
2.3.2 Silica (SiO ₂)	9
2.3.3 Feldspar (KNaO . Al ₂ O ₃ . 6SiO ₂).....	10
2.4 Sifat Keramik.....	11
2.4.1 Sifat Mekanik.....	11
2.4.2 Sifat Fisik.....	14
2.4.3 Sifat Kimia.....	14
2.5 Pores Pembentukan Keramik.....	14
2.5.1 Pengolahan Tanah Liat	15
2.5.2 Pembentukan (<i>Forming</i>)	16
2.5.3 Pengeringan (<i>Drying</i>)	18

2.5.4	Pembakaran (<i>Firing</i>).....	18
2.5.5	Pengglasiran (<i>Glazing</i>)	19
2.6	Hipotesis	22

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Metode Penelitian	23
3.2	Variabel Penelitian.....	23
3.3	Tempat dan Waktu Penelitian.....	24
3.4	Alat dan Bahan Penelitian	24
3.4.1	Alat Penelitian.....	24
3.4.2	Bahan Penelitian	26
3.5	Proses Pembuatan Spesimen.....	26
3.6	Skema Penelitian	27
3.7	Prosedur Pengujian	28
3.7.1	Prosedur Pengujian Kekerasan	28
3.7.2	Prosedur Pengujian <i>Fracture Toughness</i>	28
3.8	Dimensi Spesimen	28
3.9	Prosedur Penelitian	29
3.10	Rancangan Penelitian.....	29
3.11	Diagram Alir Penelitian.....	32

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Data Hasil Pengujian	33
4.1.1	Data Hasil Pengujian Kekerasan <i>Ceramic Holder</i>	33
4.1.2	Data Hasil Pengujian <i>Fracture Toughness Ceramic Holder</i>	34
4.2	Pengolahan Data	35
4.2.1	Perhitungan Nilai Kekerasan <i>Cerami Holder</i>	35
4.2.2	Perhitungan Nilai <i>Fracture Toughness Cerami Holder</i>	36
4.3	Pengujian <i>Vickers</i>	36
4.4	Grafik dan Pembahasan	38
4.4.1	Grafik Nilai Kekerasan <i>Ceramic Holder</i>	38
4.4.2	Grafik Nilai <i>Fracture Toughness Ceramic Holder</i>	40
4.5	Analisis Pengaruh Pengglasiran dan Pembakaran Terhadap Kekerasan dan <i>Fracture Toughness Ceramic Holder</i>	41

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran	46

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Pengelompokkan Keramik Industri	8
Tabel 3.1	Bahan Baku Pembuatan Spesimen.....	26
Tabel 3.2	Bahan Baku Pembuatan Glasir	26
Tabel 3.3	Data Rancangan Hasil Pengujian Kekerasan dengan <i>Vickers Ceramic Holder</i> Pembakaran Tunggal dan Ganda.....	30
Tabel 3.4	Data Rancangan Hasil <i>Pengujian Fracture Toughness Ceramic Holder</i> Pembakaran Tunggal dan Ganda	30
Tabel 4.1	Data Hasil Pengujian Kekerasan <i>Ceramic Holder</i> Pembakaran Tunggal.....	33
Tabel 4.2	Data Hasil Pengujian Kekerasan <i>Ceramic Holder</i> Pembakaran Ganda	34
Tabel 4.3	Data Hasil Pengujian <i>Fracture Toughness Ceramic Holder</i> Pembakaran Tunggal	34
Tabel 4.4	Data Hasil Pengujian <i>Fracture Toughness Ceramic Holder</i> Pembakaran Ganda	35
Tabel 4.5	Ciri Fisik Permukaan Keramik Setelah Mengalami Proses Pembakaran	44

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Klasifikasi keramik berdasarkan aplikasinya	6
Gambar 2.2	Bahan baku keramik (a) Kaolin, (b) <i>Ballclay</i> , (c) <i>Silica</i> , dan (d) <i>Feldspar</i>	10
Gambar 2.3	<i>Indentation test</i>	12
Gambar 2.4	<i>Vickers indentation mark</i>	12
Gambar 2.5	<i>Fracture modes</i>	13
Gambar 2.6	<i>Diagram of the ceramic manufacturing process</i>	15
Gambar 2.7	<i>Schematic representation for pressing</i>	16
Gambar 2.8	<i>Slip casting</i> (a) <i>Solid casting</i> dan (b) <i>Drain casting</i>	17
Gambar 2.9	<i>Extrusion molding</i>	17
Gambar 2.10	Teknik tuang	20
Gambar 2.11	Teknik celup	21
Gambar 2.12	Teknik semprot	21
Gambar 2.13	Teknik kuas	22
Gambar 3.1	Alat penelitian (a) Timbangan elektrik, (b) Mesin pengguncang rotap, (c) Cetakan spesimen uji, (d) Cetakan spesimen <i>holder</i> , (e) Alat penekan, (f) Tungku LPG, (f) <i>Vickers Hardness Tester</i>	25
Gambar 3.2	Skema penelitian	27
Gambar 3.3	Dimensi spesimen uji dalam satuan mm	28
Gambar 3.4	Dimensi spesimen <i>holder</i> dalam satuan mm	29
Gambar 3.5	Grafik rancangan nilai kekerasan (VHN) <i>ceramic holder</i> pembakaran tunggal dan ganda	31
Gambar 3.6	Grafik rancangan nilai <i>fracture toughness ceramic holder</i> pembakaran tunggal dan ganda	31
Gambar 3.7	Diagram alir penelitian	32
Gambar 4.1	Pola titik penekanan (a) Sketsa dalam satuan mm dan (b) Spesimen	37
Gambar 4.2	Jejak titik penekanan	37
Gambar 4.3	Panjang retakan hasil jejak penekanan	37
Gambar 4.4	Grafik kekerasan (VHN) <i>ceramic holder</i> pembakaran tunggal	38
Gambar 4.5	Grafik kekerasan (VHN) <i>ceramic holder</i> pembakaran ganda	39
Gambar 4.6	Grafik <i>fracture toughness ceramic holder</i> pembakaran tunggal	40

Gambar 4.7 Grafik <i>fracture toughness ceramic holder</i> pembakaran ganda	41
Gambar 4.8 Dimensi spesimen uji dalam satuan mm	42
Gambar 4.9 Dimensi spesimen <i>holder</i> dalam satuan mm.....	42
Gambar 4.10 Spesimen uji pembakaran tunggal (a) Dengan glasir dan (b) Tanpa glasir	43
Gambar 4.11 Spesimen uji pembakaran ganda (c) Dengan glasir dan (d) Tanpa glasir...	43
Gambar 4.12 <i>Ceramic holder</i> pembakaran tunggal (a) Dengan glasir dan (b) Tanpa glasir	43
Gambar 4.13 <i>Ceramic holder</i> pembakaran ganda (a) Dengan glasir dan (b) Tanpa glasir	43



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul
Lampiran 1	Data Hasil Pengujian Kekerasan <i>Ceramic Holder</i> Pembakaran Tunggal
Lampiran 2	Data Data Hasil Pengujian Kekerasan <i>Ceramic Holder</i> Pembakaran Ganda
Lampiran 3	Data Hasil Pengujian <i>Fracture Toughness Ceramic Holder</i> Pembakaran Tunggal
Lampiran 4	Data Hasil Pengujian <i>Fracture Toughness Ceramic Holder</i> Pembakaran Ganda
Lampiran 5	Gambar Retak Hasil Pengujian <i>Vickers</i>



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keramik berasal dari Bahasa Yunani (*keramikos*) yang artinya suatu bentuk dari tanah liat yang telah mengalami proses pembakaran. Keramik dibuat dari mineral lempung yang dikeringkan kemudian dibakar pada temperatur yang tinggi selama kurun waktu tertentu hingga mengalami glasisasi dan berubah sifat secara permanen. Keramik merupakan material yang mudah dibentuk, ramah lingkungan, dan produk keramik telah banyak diaplikasikan dibidang teknik terutama dipermesinan seperti: alat potong, nosel, katup, turbin, *ball bearing* (Barsoum, 1997). Selain itu keramik dapat dimanfaatkan sebagai isolator panas, isolator listrik, dan alat *refractory* yaitu keramik dapat digunakan sebagai *holder* pada tungku pembakaran elektrik. Dalam pemanfaatan keramik sebagai *holder* pada tungku pembakaran elektrik, dibutuhkan jenis keramik dan proses pembuatan yang sesuai agar *holder* dapat berfungsi dengan baik.

Holder pada tungku berfungsi untuk menahan koil agar tidak saling bersinggungan saat pemanasan, karena saat proses tersebut koil akan melendut, hal ini terjadi karena koil yang berasal dari logam akan memuai saat menerima panas dengan temperatur tinggi. Kriteria *holder* yang dibutuhkan adalah tahan terhadap temperatur tinggi serta kuat untuk menahan koil. Maka dari itu keramik dipilih karena memiliki kriteria yang tepat untuk digunakan sebagai *holder*, karena keunggulan keramik secara umum adalah memiliki titik cair tinggi, tahan terhadap temperatur tinggi, tahan terhadap gesekan, tahan korosi, daya hantar panas rendah, densitas relatif rendah dan koefisien muai panas rendah (Barsoum, 1997). Namun, keramik juga mempunyai kelemahan yaitu bersifat getas (*brittle*) (Green, 1998) dan ketangguhan retak (*fracture toughness*) yang rendah (Chawla, 1993). Untuk mengetahui besar kekerasan dari keramik dilakukan suatu pengujian dengan metode tekan (diberikan tekanan), karena keramik merupakan material yang getas, sehingga pada saat diberikan pembebanan tekan keramik akan mengalami keretakan, dari panjang retak itu dapat ditemukan nilai kekerasan pada keramik. Keretakan pada keramik dapat terjadi pada saat proses pembentukan, pengeringan, dan laju pemanasan (pembakaran).

Proses pembuatan keramik tradisional terdiri dari bahan dasar *feldspare*, *clay*, *silica*, dan air. Namun untuk pemanfaatan sebagai *holder* pada tungku pembakaran elektrik dibutuhkan keramik dengan kemampuan yang lebih dari keramik tradisional, maka dari itu diberikan campuran keramik oksida berupa alumina. Alumina atau aluminium oksida (Al_2O_3) mempunyai kekerasan yang tinggi, kekuatan tekan yang tinggi, tahan terhadap perkaratan, tahan terhadap penyusutan, dan tahan terhadap temperatur tinggi. Proses pembentukan pada keramik berpengaruh terhadap sifat yang dihasilkan, begitu pula dengan proses pengeringan, dimana dalam proses pengeringan membutuhkan waktu yang cukup lama, agar proses penguapan kadar air yang tersisa dari proses pembentukan dapat hilang secara keseluruhan. Proses pembakaran dalam pembuatan keramik ini dilakukan secara tunggal dan ganda untuk membandingkan perbedaan sifat *ceramic holder*. Dimana pembakaran tunggal merupakan satu kali proses pembakaran dengan pemberian lapisan glasir sebelum dilakukannya pembakaran, sedangkan pembakaran ganda merupakan dua kali proses pembakaran dengan tambahan lapisan glasir (proses pengglasiran) yang dilakukan setelah pembakaran yang pertama. Oleh karena itu, untuk mengetahui baik atau tidaknya *ceramic holder* yang digunakan, sifat menjadi salah satu parameter yang harus diperhatikan. Dimana sifat adalah gambaran kondisi material ketika diberikan pembebanan.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah yang berdasarkan latar belakang penelitian ini, rumusan masalah tersebut adalah:

1. Bagaimana pengaruh pengglasiran dan jumlah pembakaran (tunggal dan ganda) terhadap kekerasan *ceramic holder*?
2. Bagaimana pengaruh pengglasiran dan jumlah pembakaran (tunggal dan ganda) terhadap *fracture toughness ceramic holder*?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak menyimpang dan dapat dilakukan lebih fokus, maka batasan-batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Variasi jumlah pembakaran dan pemberian glasir pada *ceramic holder* yaitu dengan pembakaran tunggal dan dengan pembakaran ganda.
2. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan keramik berbahan dasar alumina.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh pemberian lapisan glasir terhadap nilai kekerasan *ceramic holder*.
2. Untuk mengetahui pengaruh pemberian lapisan glasir terhadap nilai *fracture toughness ceramic holder*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa:

1. Dapat menemukan suatu produk *ceramic holder* yang baik digunakan.
2. Dapat digunakan untuk menambah pengetahuan dan wawasan bagi pembaca khususnya mahasiswa teknik mengenai *ceramic holder*.





BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

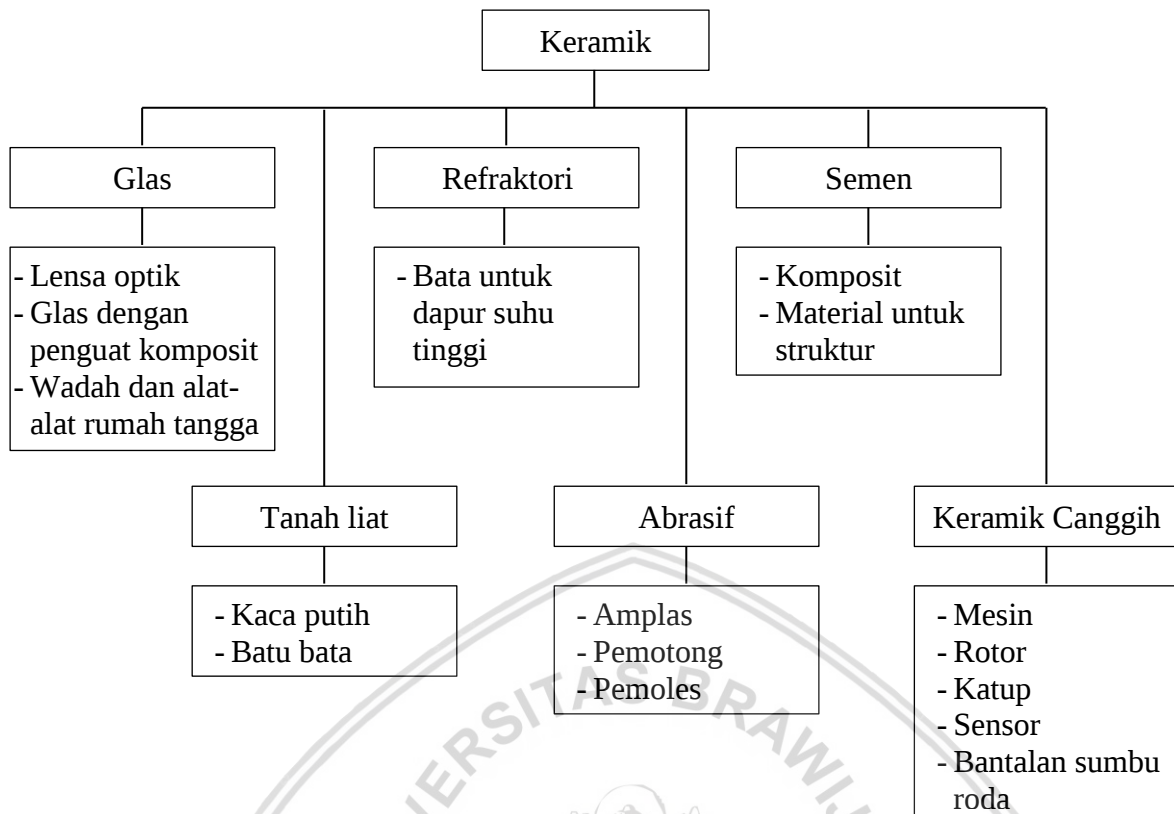
2.1 Penelitian Sebelumnya

Lidija (2007) meneliti tentang kekerasan material menggunakan *Vicker's indentor* berdasarkan panjang retakan yang terjadi pada sample berbahan alumina dengan kemurnian 99.8%. Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa alumina mengalami keretakan sebesar 32 μm sehingga memiliki kekerasan 181.1 VHN. Pengukuran panjang retakan merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengetahui kekerasan material.

Purnomo (2008) meneliti tentang *pengaruh temperatur pembakaran terhadap nilai kekerasan produk keramik alumina (Al_2O_3)*, variasi temperatur pembakaran terhadap nilai kekerasan produk keramik alumina menyebabkan peningkatan kekerasan pada temperatur 1050°C sampai dengan 1250°C. Kekerasan rata-rata tertinggi diperoleh sebesar 91.2 VHN. Hal ini disebabkan karena pada temperatur 1250°C daya ikat campuran bahan non plastis (alumina) lebih kuat dan homogen. Sedangkan temperatur di bawah 1250°C tingkat kekerasannya masih rendah karena alumina tersebut mampu mengikat dan menyatu dengan campuran-campuran yang lainnya.

2.2 Keramik

Keramik adalah material dengan campuran bahan material, logam, dan non-logam yang dikeringkan kemudian dibakar pada temperatur yang tinggi selama kurun waktu tertentu hingga mengalami glasisasi dan berubah sifat secara permanen. Keramik banyak dimanfaatkan hingga saat ini karena keramik memiliki kelebihan-kelebihan yang tidak dimiliki material lain, seperti memiliki kekerasan yang tinggi, ringan, tahan korosi, dan ketahanan akan temperatur yang tinggi. Contoh dari pemanfaatan keramik dapat diterapkan di bidang teknologi, industri, dan peralatan rumah tangga, seperti gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1 Klasifikasi keramik berdasarkan aplikasinya
Sumber: Sofyan (2010, p. 134)

Sesuai dengan macam-macam jenis keramik. Keramik diklasifikasikan menjadi dua bagian, yaitu:

1. Keramik Tradisional

Keramik tradisional merupakan keramik yang berasal dari bahan alam, seperti *clay*, *silica*, dan *feldspar*. Pembentukan keramik tradisional menggunakan alat-alat sederhana yang dilakukan dengan teknik pijat, teknik pilin, dan teknik lempengan. Keramik tradisional tahan sampai dengan temperatur 1200°C, (Zainal, 2010). Keramik tradisional dapat dimanfaatkan ke dalam berbagai hal, yaitu:

a. *Pottery and Tableware*

Pottery dan *tableware* ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, SiO_2 , KAlSi_3O_8) yang terdiri dari *clay* ditambah dengan *silica* dan *feldspar* merupakan pemanfaatan keramik yang sudah dilakukan cukup lama sekitar mulai 1000 tahun yang lalu, *pottery* dan *tableware* juga termasuk peralatan yang kita gunakan pada peralatan rumah tangga, seperti piring dan gelas.

b. *Porcelain*

Porcelain ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, SiO_2 , KAlSi_3O_8) yang terdiri dari *clay* ditambah dengan *silica* dan *feldspar* banyak digunakan untuk berbagai variasi produk, yaitu mulai dari isolasi elektronik sampai untuk *coating* pada *bathtub*.

c. *Brick and Tile*

Brick dan *tile* (Al_2O_3 , SiC) yang terdiri dari alumina dan ditambahkan dengan *silica* merupakan jenis keramik yang dibentuk dengan cara *pressing (molding)* lalu dibakar dengan temperatur yang relatif rendah. *Brick* dan *tile* ini digunakan pada bahan bangunan, seperti batu bata, atap, dan lantai.

d. *Refractory*

Refractory (Al_2O_3 , SiO_2 other: MgO , CaO) yang terdiri dari alumina dan ditambahkan dengan *silica* merupakan jenis keramik yang tahan terhadap temperatur tinggi dan reaksi kimia, keramik refraktori banyak dimanfaatkan di bidang industri sebagai pembentuk *furnace* (tungku pembakaran) dan sebagai wadah yang digunakan untuk tempat memanaskan atau meleburkan suatu material.

e. *Abrasive*

Abrasive keramik (SiC atau Al_2O_3) yang terdiri dari *silica* atau aluminium oksida merupakan jenis keramik yang digunakan untuk produk abrasif, seperti roda gerinda dan *sandpaper* (amplas)

2. Keramik Industri

Keramik industri adalah keramik yang dibuat dengan menggunakan oksida dan non-oksida. Pembentukan keramik industri dilakukan dengan proses penekanan. Keramik industri tahan sampai dengan temperatur $1500^\circ\text{C} - 2000^\circ\text{C}$, (Zainal, 2010). Keramik industri banyak digunakan sebagai bahan produk automotif, turbin, *heat exchanger*, *semiconductors*, bidang medis, dan *cutting tools*. Pada keramik industri dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu keramik oksida dan keramik non oksida seperti tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1
Pengelompokan Keramik Industri

<i>Oxide Ceramics</i>	<i>Non-Oxide Ceramics</i>	
	<i>Carbide Ceramics</i>	<i>Nitride Ceramics</i>
Alumina (Al_2O_3)	Silicon Carbide (SiC)	Silicon Nitride (Si_3N_4)
Zirconia (ZrO_2)	Tungsten Carbide (WC)	Cubic Boron Nitride (CBN)
Thoria (ThO_2)	Titanium Carbide (TiC)	Titanium Nitride (TiN)
Beryllia (BeO)	Tantalum Carbide (TaC)	
Magnesia (MgO)	Chromium Carbide (Cr_3C_2)	
Spinel (MgAl_2O_4)		
Forsterite (Mg_2SiO_4)		

Sumber: Groover (2010, p. 142-144)

a. *Oxide Ceramics*

Keramik oksida adalah keramik yang dihasilkan melalui proses oksidasi suatu material. Proses oksidasi merupakan gabungan dari satu oksida atau beberapa campuran dari oksida. Contoh dari keramik oksida adalah alumina, yang digunakan pada penelitian ini. Alumina (Al_2O_3) merupakan bahan baku sintetik yang dapat ditemukan di alam. Alumina tahan terhadap temperatur tinggi, titik leburnya mencapai $2054 \pm 6^\circ\text{C}$. (Barsoum, 1997)

b. *Non-Oxide Ceramic*

Keramik non-oksida merupakan bahan baku pendukung dalam pembuatan keramik, kelebihan dari keramik non-oksida ini adalah keramik akan memiliki kekerasan yang tinggi, kekuatan tahan panas yang tinggi, dan menjadi isolator elektrik yang baik. Keramik non-oksida pun dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

1) *Carbide Ceramics*

Keramik karbida adalah keramik yang tergolong ke dalam keramik non-oksida, contoh dari keramik karbida seperti *silicon carbide* (SiC) yang memiliki titik lebur 2837°C dan *tungsten carbide* (WC) yang memiliki titik lebur 2775°C . Keramik karbida banyak digunakan pada elemen pemanas bertemperatur tinggi.

2) *Nitride Ceramics*

Keramik nitrida adalah keramik yang memiliki sifat keras dan getas. Salah satu contoh dari keramik nitrida adalah *titanium nitride* (TiN) yang memiliki titik lebur 2947°C dan *silicon nitride* (Si_3N_4) yang bertitik lebur 2424°C .

Keramik nitrida banyak dimanfaatkan sebagai *cutting tools* dan *grinding abrasive*.

2.3 Bahan Baku Keramik

2.3.1 Clay (Tanah Liat)

Clay (tanah liat) adalah suatu zat yang terbentuk dari kristal-kristal yang kebanyakan sedemikian kecilnya tidak dapat dilihat meskipun telah menggunakan mikroskop biasa. (Astuti, 1997)

Clay terdiri atas *hydrated alumunium silicates* (Al_2O_3 , SiO_2 , H_2O). *Clay* dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembentuk batu bata, pipa pembuangan, atap, dan lantai yang dibuat dengan tanah liat alami dengan campuran tiga komponen dasar (Al_2O_3 , SiO_2 , H_2O). Tanah liat terdapat bermacam-macam, diantaranya yaitu:

1. Kaolin

Kaolin adalah tanah liat dengan memiliki kandungan terbesar adalah kaolit, dan kaolin merupakan termasuk jenis tanah liat primer. Kaolin memiliki butiran yang kasar dengan memiliki warna putih, hal ini disebabkan karena kaolin memiliki sedikit kandungan besi, selain itu kaolin memiliki titik lebur 1800°C , kaolin juga memiliki sifat yang rapuh dan tidak plastis, hal ini menyebabkan kaolin sulit untuk dibentuk, (Budiayanto, 2008).

2. Ballclay

Ballclay adalah tanah liat yang sangat plastis untuk keramik. *Ballclay* memiliki butiran yang halus dan berwarna abu-abu kehitaman, hal ini disebabkan karena *ballclay* banyak mengandung karbon, *ballclay* memiliki sifat sangat plastis dan memiliki kuat kering yang tinggi, *ballclay* sendiri berbentuk butir sangat halus dan memiliki titik lebur 1300°C .

Ballclay umumnya dipakai untuk keramik putih atau keramik halus, yang salah satu fungsinya adalah untuk memberikan kekuatan kepada keramik sebelum dibakar agar tidak mudah rusak saat diangkat atau dipindahkan, (Budiayanto, 2008).

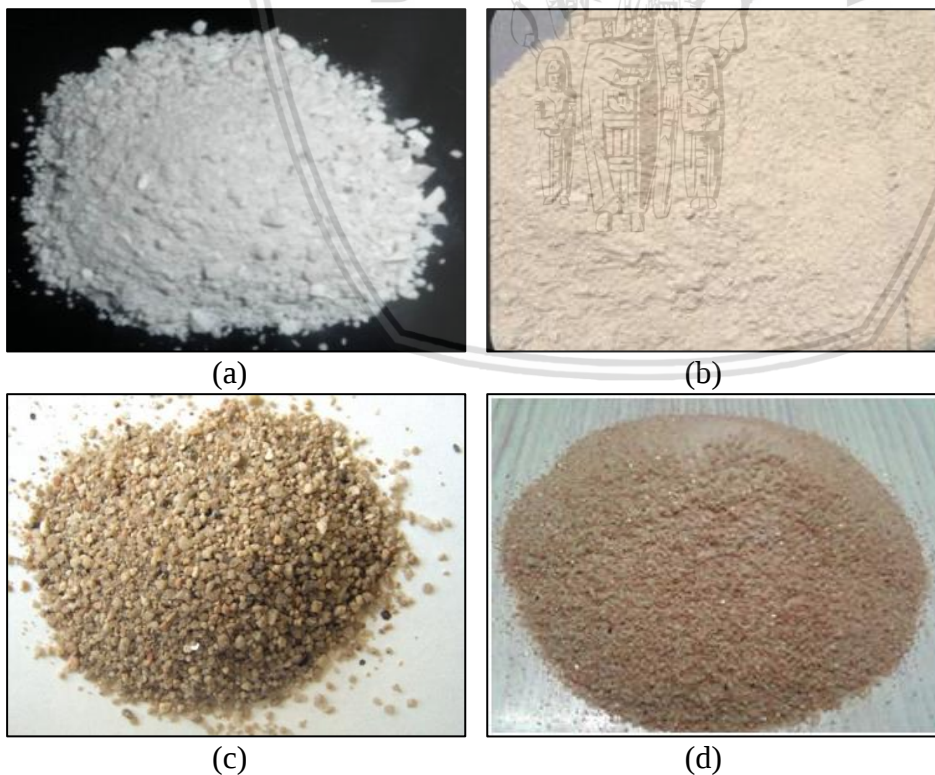
2.3.2 Silica (SiO_2)

Silica (*flint* atau *quartz*) adalah material *polymorphic*, dimana pada material ini dipakai untuk alat-alat pada *high temperatur furnace*. *Silica* memiliki butiran yang halus dan temperatur titik lebur yang tinggi yaitu 1710°C . *Silica* merupakan salah satu komponen penting dalam semua bahan untuk pembentukan keramik, baik untuk mase maupun untuk

dipakai dalam proses glasir (pembentuk glas). *Silica* dipakai pada keramik halus (campuran dalam badan maupun glasir), bahan tahan api, glas, email, dan pembuatan carborundum (untuk gurinda dan alat penggosok). *Silica* memiliki sifat tidak plastis sehingga akan mengurangi besar penyusutan saat digunakan, *silica* juga dapat menambahkan kekerasan pada keramik dan mengurangi keretakan pada saat proses pengeringan, (Budiayanto, 2008).

2.3.3 *Feldspar* ($\text{KNaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$)

Feldspar adalah kelompok mineral yang dihasilkan dari pelapukan batuan granit dan lava, dari *feldspar* memberikan setidaknya sampai 25% *flux* (pelebur) kepada keramik. *Feldspar* berbutir halus dan memiliki warna putih, abu-abu, dan coklat. *Feldspar* memiliki sifat yang tidak plastis, memiliki titik lebur antara 1170°C - 1290°C , dan *feldspar* berfungsi untuk mengurangi penyusutan pada saat pengeringan dan pembakaran. Pada saat mase keramik dibakar, *feldspar* akan melebur dan membentuk leburan glas yang menyebabkan partikel tanah dan bahan lainnya menjadi melekat. Bila leburan glas ini membeku, maka akan memberikan kekuatan pada mase keramik tersebut.



Gambar 2.2 Bahan baku keramik (a) Kaolin, (b) *Ballclay*, (c) *Silica*, dan (d) *Feldspar*
Sumber: Astuti (1997, p. 21)

2.4 Sifat Keramik

Material keramik memiliki sifat-sifat yang dikelompokkan ke dalam tiga golongan, yaitu sifat mekanik, sifat fisik, dan sifat kimia seperti yang akan dijelaskan berikut ini.

2.4.1 Sifat Mekanik

Berdasarkan sifat mekanik, keramik merupakan material yang keras, memiliki kekuatan tekan yang tinggi, kaku, dan juga memiliki ketahanan akan gesekan. Nilai kekerasan keramik dapat mencapai 8000 kg/mm^2 , namun tidak semua keramik keras, misalnya pada *polyamide plastic* (0.05 kg/mm^2) dan *commercial lead* (3 kg/mm^2) yang memiliki nilai kekerasan rendah.

Keramik merupakan material getas dan paling kaku diantara material lainnya. Kebanyakan dari material keramik lebih kaku dari semua logam karena tidak dapat mengalami deformasi plastik. (Sofyan, 2010)

Keramik juga memiliki nilai kekuatan tekan yang tinggi, mencapai 105.5 kg/mm^2 . Namun dibalik kekuatan tekan yang tinggi, keramik memiliki kekuatan tarik yang buruk yang menyebabkan keramik bersifat rapuh (*brittle*), yang berakibat pada keramik yang mudah retak (*crack*), dan patah.

Pertumbuhan keretakan (*crack growth*) sangat lama hingga pada terjadinya patah pada suatu material. Pada tahap awal pertumbuhan keretakan, inti keretakan yang ada akan muncul yang disebut dengan retakan awal (*initial growth*), namun retakan awal yang muncul sangat kecil, sehingga sulit untuk terdeteksi.

Material yang retak akibat diberikannya tekanan semakin lama akan semakin retak dan retakan akan semakin panjang apabila diberikan penekanan kontinu. Keretakan yang terus bertumbuh (memanjang dan melebar) akan menyebabkan material dapat mengalami kepatahan atau bahkan pecah.

Retak yang terjadi mula-mula berdasarkan pada:

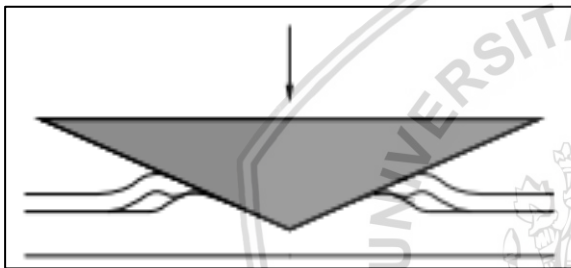
1. Arah retakan yang terjadi selalu tegak lurus terhadap tegangan yang diterapkan.
2. Tegangan tarik tinggi yang dapat merusak pori-pori pada material keramik.
3. Retakan yang terjadi dapat merambat akibat adanya kandungan air yang ada pada material keramik.

Keretakan (*crack*) adalah cacat lempung tunggal yang terjadi akibat beban tekan. Retak terjadi di titik kekuatan terendah pada material keramik seperti pori-pori bagian dalam dan ketidakaturan permukaan luar yang ditambah dengan adanya tekanan-tekanan kecil yang banyak.

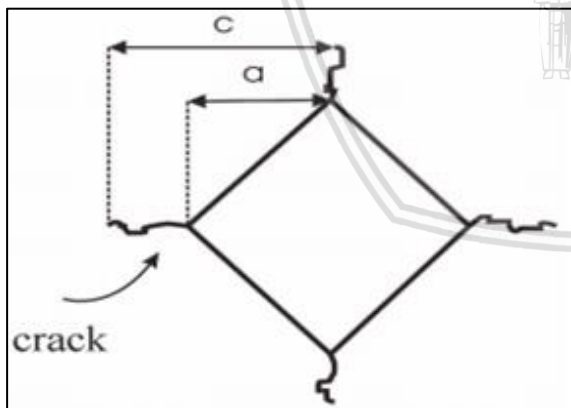
Keretakan dapat terjadi pada saat proses pembentukan, pengeringan, laju pemanasan, dan juga dapat terjadi akibat jenis tanah liat yang digunakan. Titik terlebar dari retakan cenderung menunjukkan dimana celah dan arah retak mulai terbentuk yang menjadi dasar dari tekanan terlalu besar. Material keramik sendiri adalah material yang lemah dalam tarikan dan kuat dalam hal kompresi.

Sedangkan retak lainnya dapat terjadi pada pembakaran tunggal (*biscuit firing*) dan pada pembakaran berlapis glasir. Retak yang terjadi pada pembakaran tunggal karena adanya ketidakcocokan antara tanah liat dengan glasir yang digunakan untuk melapisinya.

Dalam penelitian ini, pengujian yang digunakan untuk mengetahui besar kekerasan material dengan menggunakan alat uji kekerasan yaitu *Vickers hardness test*. Dalam pengujian ini, beban akan diberikan secara tekan.



Gambar 2.3 Indentation test
Sumber: Schreurs (2012, p. 31)



Gambar 2.4 Vickers indentation mark
Sumber: Rangel (2011, p. 31)

Untuk mengetahui nilai kekerasan dari material tersebut dengan menggunakan pengujian *Vickers*, yaitu pada persamaan 2-1. Sedangkan untuk mengetahui nilai *fracture toughness* dapat menggunakan persamaan 2-2 berikut ini.

$$H = \frac{2P \sin\left(\frac{136^\circ}{2}\right)}{(2a)^2} = \frac{1.854P}{(2a)^2} \dots\dots\dots(2-1)$$

$$K_{IC} = 0.16 \left(\frac{c}{a}\right)^{-1.5} (Ha^{1/2}) \dots\dots\dots(2-2)$$

Dimana:

H = *Vickers hardness (VHN)*

K_{IC} = *Fracture toughness (Kg.m^{1/2})*

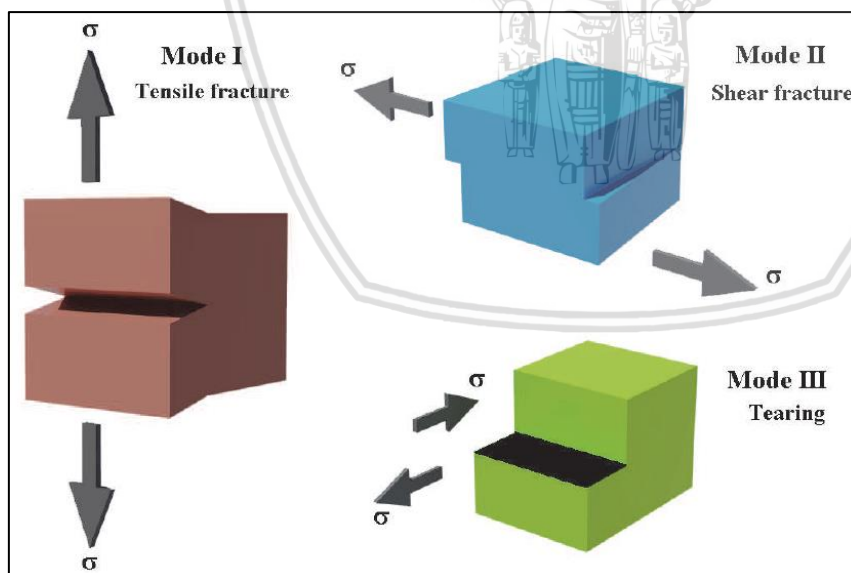
P = *Test load in Vickers hardner (Kgf)*

c = *Average length of the crack obtained in the tips of the Vickers mark (mm)*

a = *Half average of the diagonal of the Vickers marks (mm)*

Sumber: Rangel (2011, p. 31)

Faktor intensitas tegangan kritis (K_C) adalah parameter kuantitatif ketangguhan patah untuk menentukan nilai tegangan maksimum pada spesimen yang memiliki retak dengan panjang tertentu. Faktor intensitas tegangan kritis digolongkan menjadi tiga bagian yaitu K_{IC} , K_{IIC} , dan K_{IIIC} , penggolongan ini berdasarkan bentuk pembebanan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Fracture modes

Sumber: Rangel (2011, p. 27)

Pembebanan pada model yang pertama adalah *opening mode*, yaitu patahan yang diakibatkan oleh tegangan tarik normal pada bidang bidang retakan, sedangkan pada model yang kedua adalah *sliding mode*, yaitu patahan yang diakibatkan oleh tegangan geser yang

bekerja sejajar dengan bidang retak dan tegak lurus dengan bagian depan retak, dan yang ketiga adalah *tearing mode*, yaitu patahan yang diakibatkan oleh tegangan geser yang bekerja sejajar dengan bidang retak dan sejajar dengan bagian depan retak.

Sehingga K_{IC} merupakan parameter kuantitatif ketangguhan patah untuk menentukan nilai tegangan maksimum pada spesimen yang memiliki mode patahan akibat tegangan tarik yang mengakibatkan retak dengan panjang tertentu.

2.4.2 Sifat Fisik

Berdasarkan sifat fisik dari keramik, keramik adalah material yang bermassa ringan bila dibandingkan dengan logam (sebagai contoh, silikon karbida dan boron karbida). Keramik cocok digunakan untuk isolator listrik dan isolator panas, karena keramik memiliki *thermal conductivity* yang buruk dan hampir tidak memiliki *electricity conductivity*. Karena keramik memiliki *thermal conductivity* yang buruk maka keramik memiliki nilai koefisien perpanjangan yang kecil.

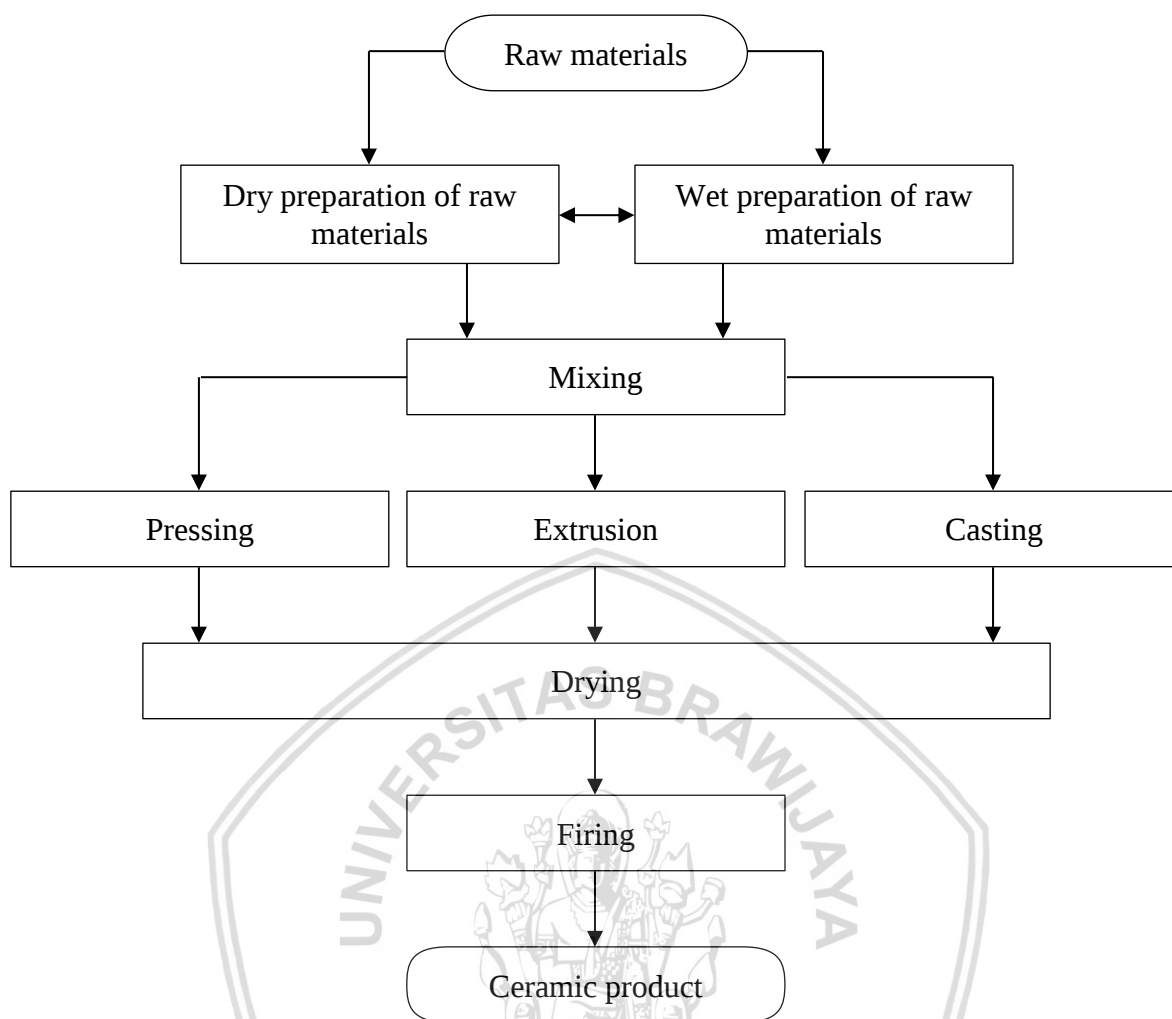
Keramik juga merupakan material dengan titik lebur paling tinggi diantara material teknik lainnya, keramik memiliki titik lebur pada temperatur lebih dari 5000°C dan maksimum temperatur pemakaiannya hingga 5000°F (2760°C), (Budinski, 1996).

2.4.3 Sifat Kimia

Keramik memiliki sifat yang tahan akan zat kimia yang merupakan salah satu kelebihan dari keramik. Keramik merupakan material yang tahan akan korosi, dimana material keramik memiliki sifat kimia yang ingin kembali kekeadaan awal. Namun ketahanan keramik akan korosi tidak selalu baik, data korosi harus diteliti kembali untuk setiap macam keramik dan setiap zat kimia penyebabnya, akan tetapi kebanyakan keramik tahan terhadap korosi.

2.5 Proses Pembentukan Keramik

Dalam proses pembentukan keramik terdapat beberapa langkah prosesnya mulai dari *raw materials*, lalu preparasi material, proses pencampuran, proses pembentukan, proses pengeringan, proses pengglasiran, proses pembakaran, hingga menjadi produk keramik seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Diagram of the ceramic manufacturing process
 Sumber: Institute for Prospective Technological Studies (2016)

2.5.1 Pengolahan Tanah Liat

Tanah liat yang ingin digunakan dalam proses pembuatan keramik harus diolah terlebih dahulu, karena pada bentuk aslinya tanah liat banyak memiliki kandungan grit (material kasar) yang harus dipisahkan terlebih dahulu. Cara pemisahan (penyaringan) tanah tersebut memiliki dua macam metode, yaitu:

1. Metode Kering

Pemisahan kotoran pada tanah liat dengan metode kering memerlukan alat penghancur atau penggiling dan ayakan untuk membuat ukuran tanah liat menjadi lebih kecil sebelum dilakukan penyaringan dan memisahkan butir-butir kasar dengan yang halus untuk mendapatkan lempung kering dengan kondisi butir yang homogen ukurannya. Setelah didapatkan lempung kering dengan kondisi butir yang sudah halus.

2. Metode Basah

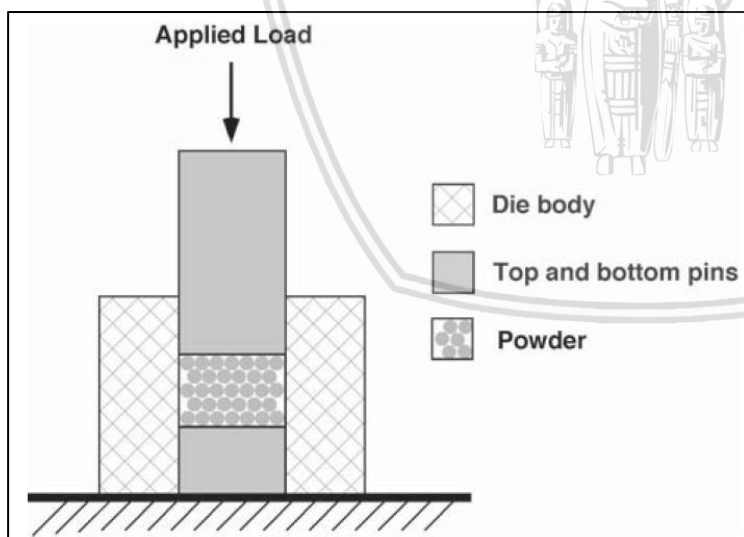
Pemisahan kotoran pada tanah liat dengan metode basah dilakukan dengan cara mencuci tanah liat dengan air. Tanah liat akan dicampurkan dengan air yang banyak, kemudian tanah liat akan menjadi encer, lalu tanah liat akan dibiarkan mengendap dalam suatu wadah. Pada saat proses pengendapan, tanah liat dengan ukuran butir yang besar akan berada pada dasar wadah, sedangkan di permukaannya adalah tanah liat yang berbutir halus. Setelah diendapkan kemudian dilakukan penyaringan pada bagian permukaannya saja untuk mendapatkan ukuran butir yang halus dan homogen.

2.5.2 Pembentukan (*Forming*)

Proses pembentukan keramik industri memiliki tiga pengelompokan cara, yaitu *pressure casting*, *slip casting*, dan *extrusion* yang akan dijelaskan berikut ini.

1. *Pressure Casting*

Pressure casting merupakan salah satu metode pembentuk keramik industri, pada proses *pressure casting* serbuk keramik akan dituangkan ke dalam suatu cetakan yang kemudian diberikan tekanan. Tekanan tersebut akan membuat serbuk keramik menjadi solid dan bentuknya mengikuti cetakan.



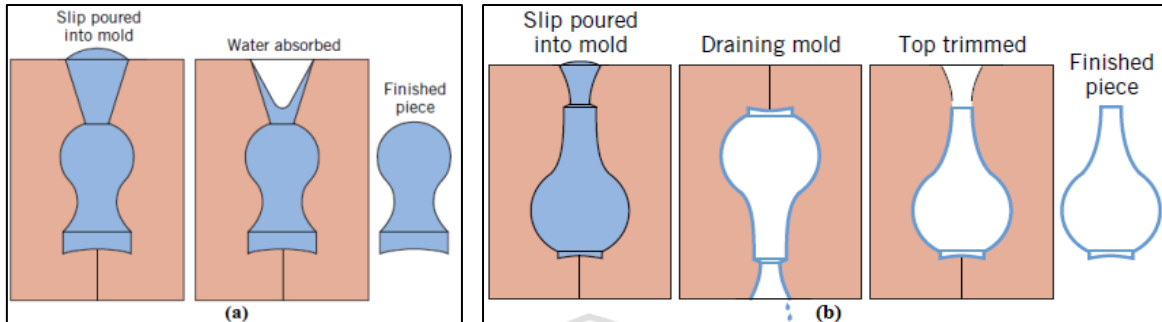
Gambar 2.7 Schematic representation for pressing

Sumber: Doremus (2008, p. 125)

2. *Slip Casting*

Keramik memiliki berbagai macam bentuk, hal ini dapat dibentuk dengan menggunakan proses *slip casting*. Proses *slip casting* sangat menguntungkan untuk pembuatan keramik berdinding tipis dan bentuk yang rumit dengan ketebalan yang

sama. *Slip casting* sangat ekonomis untuk pengembangan dan memiliki proses produksi yang singkat. Metode ini terbagi menjadi dua macam, yaitu *solid casting* dan *drain casting*.

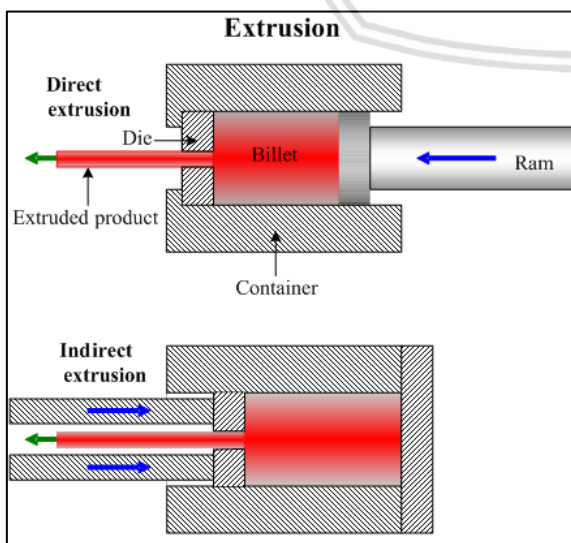


Gambar 2.8 Slip casting (a) Solid casting dan (b) Drain casting

Sumber: Callister (2007, p. 478)

3. Extrusion

Extrusion merupakan metode pembuatan keramik dengan bentuk silinder yang memiliki bentuk lubang atau rongga (*hollow*) melalui lubang pada cetakan. Metode *extrusion* adalah proses kontinu dengan memanaskan serbuk keramik dalam silinder, lalu diputar dan didorong ke dalam cetakan. Karena prosesnya secara kontinu, maka setelah terbentuk keramik akan dipotong sesuai panjang yang diinginkan. Metode *extrusion* biasanya digunakan dalam pembuatan batu bata tahan panas, pipa saluran pembuangan, *hollow tile*, keramik teknik, dan isolator listrik yang memiliki penampang tetap dan dalam keadaan temperatur yang normal.



Gambar 2.9 Extrusion molding

Sumber: Chandramouli (2000, p. 4)

2.5.3 Pengeringan (*Drying*)

Proses pengeringan pada keramik merupakan proses mengurangi kandungan air yang terdapat pada keramik, proses ini dilakukan pada ruangan terbuka. Pengeringan bertujuan menghilangkan air plastisnya saja, sedangkan air yang terikat di dalam molekul tanah liat hanya akan hilang jika dilakukan proses pembakaran. Proses pengeringan pada keramik ini berguna untuk memberikan kekuatan pada barang mentah sehingga dapat disusun dalam tungku, selain itu juga mengurangi resiko terjadinya keretakan.

Pada proses pengeringan keramik biasanya diiringi dengan proses penyusutan, penyusutan ini terjadi karena keramik akan kehilangan kandungan airnya selama proses pengeringan, maka dari itu setelah proses pengeringan selesai ukuran keramik akan menjadi lebih kecil daripada ukuran awalnya.

Beberapa jenis tanah mempunyai angka susut yang tinggi, tetapi ada juga yang angka susutnya kecil. Sebagai contoh tanah *stoneware* susut keringnya sekitar 5%, badan *terra cotta* hanya 3%, dan pada tanah gerabah (*earthenware*) susut keringnya sekitar 10%, (Astuti, 1997).

2.5.4 Pembakaran (*Firing*)

Pembakaran (*firing*) merupakan proses pembuatan keramik yang dilakukan pada temperatur di bawah titik leburnya, namun pada keadaan tertentu dilakukan hingga partikel pada permukaan kramik melebur. Pada proses pembakaran akan menyusutkan ukuran dari keramik sebanyak 30%, (Budinski, 1996).

Penyusutan tersebut terjadi tidak hanya karena tingginya temperatur atau lamanya proses pembakaran, namun juga dipengaruhi oleh lamanya proses pengeringan dan nilai porositas pada keramik.

Proses pembakaran pada keramik (*green ceramic*) dapat diartikan sebagai perlakuan panas yang tujuannya menghasilkan ikatan antar partikel menjadi koheren. Keramik-keramik tersebut akan dibakar hingga mencapai temperatur lebih dari 1200°C. Proses pembakaran tersebut menggunakan alat disebut dengan tungku, dapur, oven, atau kiln.

pembakaran akan menyebabkan keramik mengalami perubahan bentuk dan ukuran, pengurangan pori, dan berkurangnya volume atau yang disebut dengan penyusutan. Penyusutan tersebut terjadi tidak hanya karena tingginya temperatur atau lamanya proses pembakaran, namun juga dipengaruhi oleh lamanya proses pengeringan dan nilai porositas pada keramik.

Selain hal-hal tersebut, hasil dari proses pembakaran juga dapat meningkatkan kekuatan keramik, hal ini terjadi karena selama proses pembakaran berlangsung densitas keramik yang dibakar akan meningkat yang disebabkan karena menurunnya porositas pada keramik (*green ceramic*).

Berdasarkan langkah-langkah proses pembakaran dibagi menjadi dua langkah sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan, yaitu sebagai berikut.

1. Pembakaran Tunggal

Pembakaran tunggal adalah pembakaran yang hanya melalui satu kali proses pembakaran dengan atau tanpa pengglasiran. Pembakaran tunggal dilakukan pada temperatur 700°C-1000°C. Pembakaran *biscuit* bertujuan membuat keramik menjadi kuat dan menyerap glasir secara optimal.

2. Pembakaran Ganda

Pembakaran ganda adalah pembakaran yang melalui dua kali tahapan pembakaran, dimana terdapat pemberian glasir setelah pembakaran pertama yang selanjutnya dilanjutkan ke pembakaran kedua. Pembakaran ganda dilakukan pada temperatur 1000°C-1150°C.

2.5.5 Pengglasiran (*Glazing*)

Pengglasiran merupakan suatu proses memberikan lapisan pada keramik yang akan melakukan pembakaran glasir, baik pada pembakaran tunggal atau pada pembakaran ganda yaitu setelah dilakukan pembakaran yang pertama. Glasir adalah tipe glas yang tipis dan digunakan sebagai lapisan dari keramik yang terikat secara efektif dengan substratnya. Tujuan dari pemberian lapisan permukaan pada keramik yang disebut dengan proses pengglasiran adalah karena glasir mengurangi daya serap air, membuat keramik lebih tahan terhadap reaksi kimia, membuat keramik lebih keras dan kuat, serta memiliki nilai estetika yang baik.

Produk keramik yang dilapisi dengan lapisan glasir ini diharapkan menjadi produk yang memiliki kualitas tinggi, tahan terhadap jenis korosi tanpa kehilangan kemampuannya. Untuk itu, keramik harus memiliki ketahanan kontak terhadap air, asam, ataupun lingkungan agresif lainnya (*chemical resistant*). Dalam pembuatan glasir ini terdapat tiga bahan utama yang digunakan, diantaranya adalah:

1. *Silica*

Silica merupakan salah satu bahan utama dalam pembuatan glasir karena *silica* berfungsi sebagai unsur pengglas yang akan membentuk lapisan glas dalam keadaan

cair dan dapat membeku. *Silica* murni memiliki bentuk yang menyerupai kristal, yang menjadi faktor estetika dalam penggunaan glasir.

2. Alumina

Alumina merupakan salah satu bahan utama dalam pembuatan glasir yang berfungsi sebagai bahan pengeras dalam glasir. Selain menjadi bahan pengeras dalam keramik, alumina juga berfungsi membuat lapisan glasir menjadi kental, membuat glasir menjadi kuat dan keras, serta menambahkan kestabilan pada benda keramik.

3. Flux

Flux dalam lapisan glasir berfungsi sebagai bahan pelebur yang digunakan untuk menurunkan temperatur titik lebur bahan glasir tersebut. Selain itu, *flux* juga berfungsi untuk membantu melekatnya glasir pada badan keramik yang telah dibakar.

Dalam proses pembuatan glasir terdapat berbagai macam cara pelapisannya, seperti celup, tuang, semprot, dan usap dengan kuas, berikut ini adalah penjelasan macam-macam teknik pelapisan glasir.

1. Pengglasiran Tuang

Pengglasiran dengan cara tuang merupakan proses pengglasiran dengan cara menuangkan gelasir ke keramik, lalu meratakan glasir hingga mengenai seluruh bagian permukaan keramik, teknik penuangan ini dilakukan untuk benda keramik yang memiliki bentuk yang lebar, seperti piring.



Gambar 2.10 Teknik tuang
Sumber: Budiyanto (2008, p. 475)

2. Pengglasiran Celup

Pengglasiran dengan cara dicelupkan merupakan proses pengglasiran yang paling sederhana, keramik dicelupkan ke dalam cairan glasir pada suatu wadah hingga tercelup semua dan merata. Pengglasiran dengan celup adalah teknik yang baik untuk pengglasiran karena ketebalan glasir akan lebih merata dibandingkan cara pengglasiran yang lain, teknik celup ini digunakan untuk keramik dengan ukuran kecil hingga sedang dan memiliki rongga, seperti vas atau gelas.



Gambar 2.11 Teknik celup
Sumber: Budiyanto (2008, p.476)

3. Pengglasiran Semprot

Pengglasiran dengan cara semprot merupakan proses pengglasiran yang memerlukan bantuan alat (*spray gun*) untuk menyemprotkan cairan glasir, dalam pengglasiran dengan cara semprot harus diberi jarak 30-40 cm agar glasir tidak mengalami gumpalan pada badan keramik. teknik semprot glasir digunakan untuk benda yang berukuran besar, seperti guci atau vas dengan ukuran besar.



Gambar 2.12 Teknik semprot
Sumber: Budiyanto (2008, p. 478)

4. Pengglasiran Kuas

Pengglasiran dengan cara kuas adalah pengglasiran yang dilakukan dengan cara mengoleskan cairan glasir pada badan keramik dengan kuas. Proses pengglasiran kuas ini biasa digunakan untuk keramik dengan ukuran kecil dan memiliki bentuk yang rumit, seperti vas buka dengan bentuk yang rumit dan memiliki hiasan timbul.



Gambar 2.13 Teknik kuas
Sumber: Budiyanto (2008, p. 479)

2.6 Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah dan tinjauan pustaka yang telah dibuat maka peneliti dapat menarik hipotesis penelitian mengenai pengaruh pengglasiran terhadap sifat *ceramic holder* pada pembakaran tunggal dan pembakaran ganda adalah semakin tingginya temperatur pemanasan akan mengurangi kadar air dalam keramik yang dapat membuat penyerapan glasir akan lebih baik, sehingga keramik menjadi lebih kuat karena porositasnya menurun yang menyebabkan densitas meningkat serta mengurangi laju penyerapan air, dan keramik menjadi lebih keras karena elastisitasnya berkurang yang dapat memicu terjadinya keretakan bila diberikan beban.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental nyata (*true experimental research*), dimana penelitian eksperimental nyata ini merupakan metode dengan melakukan pengujian serta mengamati secara langsung untuk mengetahui pengaruh dari pengglasiran terhadap kekerasan dan *fracture toughness ceramic holder* pada pembakaran tunggal dan pembakaran ganda.

Metode penelitian yang digunakan tidak hanya menggunakan metode penelitian eksperimental nyata, tetapi juga menggunakan metode studi literatur baik dari buku, jurnal, penelitian sebelumnya, dan juga dari internet dengan tujuan mendapatkan tambahan informasi mengenai penelitian yang sedang dijalankan.

3.2 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini terdapat tiga macam penelitian, yaitu sebagai berikut.

1. Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang besarnya ditentukan sebelum dilaksanakannya penelitian. Pada penelitian ini variabel bebas yang dipakai adalah massa bahan baku keramik, massa bahan baku glasir, dan jumlah pembakaran.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang besar nilainya bergantung pada besar nilai variabel bebas. Pada penelitian ini variabel terikatnya adalah kekerasan dan *fracture toughness* pada keramik.

3. Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol merupakan variabel yang memiliki nilai yang konstan selama penelitian. Pada penelitian ini variabel terkontrolnya adalah ukuran butir (mesh 100), dan temperatur pembakaran (850°C pembakaran tunggal dan 1100°C pembakaran ganda).

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian pengaruh pengglasiran terhadap sifat *ceramic holder* dilaksanakan pada tanggal 23 April 2018 – 30 Mei 2018. Sedangkan penelitian dan tempat pengujian dilakukan di Laboratorium Material $\alpha\beta\gamma$, Landungsari, Malang, Laboratorium Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang, dan Laboratorium Sentral Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1 Alat Penelitian

Pada penelitian ini terdapat alat-alat yang digunakan, diantaranya adalah:

1. Timbangan Listrik

Alat ini digunakan untuk mengukur berat spesimen yang akan digunakan.

Spesifikasi alat:

Merk	: Melter
Tipe	: PJ 3000
Beban Maksimal	: 3000 gram
Ketelitian	: 0.01 gram

2. Mesin Pengguncang Rotap

Alat ini berfungsi untuk menyaring bahan material pada penelitian agar ukuran butir yang digunakan sesuai ukuran yang diinginkan.

Spesifikasi alat:

Merk	: Retsch
Tipe	: VS 1
Jenis	: Rotap
Voltase	: 220 V
Daya	: 430 watt

3. Cetakan Spesimen Uji

Cetakan digunakan untuk membentuk spesimen agar sesuai dengan dimensi yang diinginkan sebelum dilakukannya proses pembakaran.

Spesifikasi alat:

Diameter dalam	: 40 mm
----------------	---------

4. Alat Penekan

Alat ini digunakan untuk memadatkan spesimen di dalam cetakan agar memiliki kepadatan yang merata.

Spesifikasi alat:

Penekanan : 0 – 600 kg/cm²

: 0 – 8000 psi

5. Tungku LPG

Alat ini digunakan sebagai alat pembakar spesimen keramik mentah (*green ceramic*) menjadi keramik matang.

Spesifikasi:

Suhu Maksimal : 1300°C

Burner : 3

Dimensi *in gate* : 23 x 33 cm

Dimensi dalam : 45 x 40 x 45 cm

6. Vickers Hardness Tester

Alat ini digunakan untuk mengukur nilai kekerasan suatu material.

Spesifikasi:

Type : VKH-2E

Max Capacity : 50 kgf

Nomor MFG : 62095



(a)



(b)



(c)



(d)



(d)



(e)



(f)

Gambar 3.1 Alat penelitian (a) Timbangan elektrik, (b) Mesin pengguncang rotap, (c) Cetakan spesimen uji, (d) Cetakan spesimen *holder*, (e) Alat penekan, (f) Tungku LPG, (f) Vickers hardness tester

3.4.2 Bahan Penelitian

Pada penelitian ini, bahan yang digunakan dalam pembuatan spesimen keramik terdiri dari kaolin, *feldspar*, alumina, *silica*, dan air. Persentasi bahan baku pembuatan keramik seperti pada tabel 3.1. Selain itu dalam proses pembuatan spesimen juga menggunakan lapisan glasir yang terdiri dari silika, alumina, dan *flux*. Persentasi bahan baku seperti pada tabel 3.2.

Tabel 3.1
Bahan Baku Pembuatan Spesimen

No.	Bahan Baku	Massa (g)	Persentase (%)
1.	Kaolin	300	30
2.	<i>Feldspar</i>	300	30
3.	Alumina	100	10
4.	<i>Silica</i>	100	10
5.	Air	200	20
Total		1000	100

Tabel 3.2
Bahan Baku Pembuatan Glasir

No.	Bahan Baku	Massa (g)	Persentase (%)
1.	Silika	250	25
2.	Alumina	250	25
3.	<i>Flux</i>	500	50
Total		1000	100

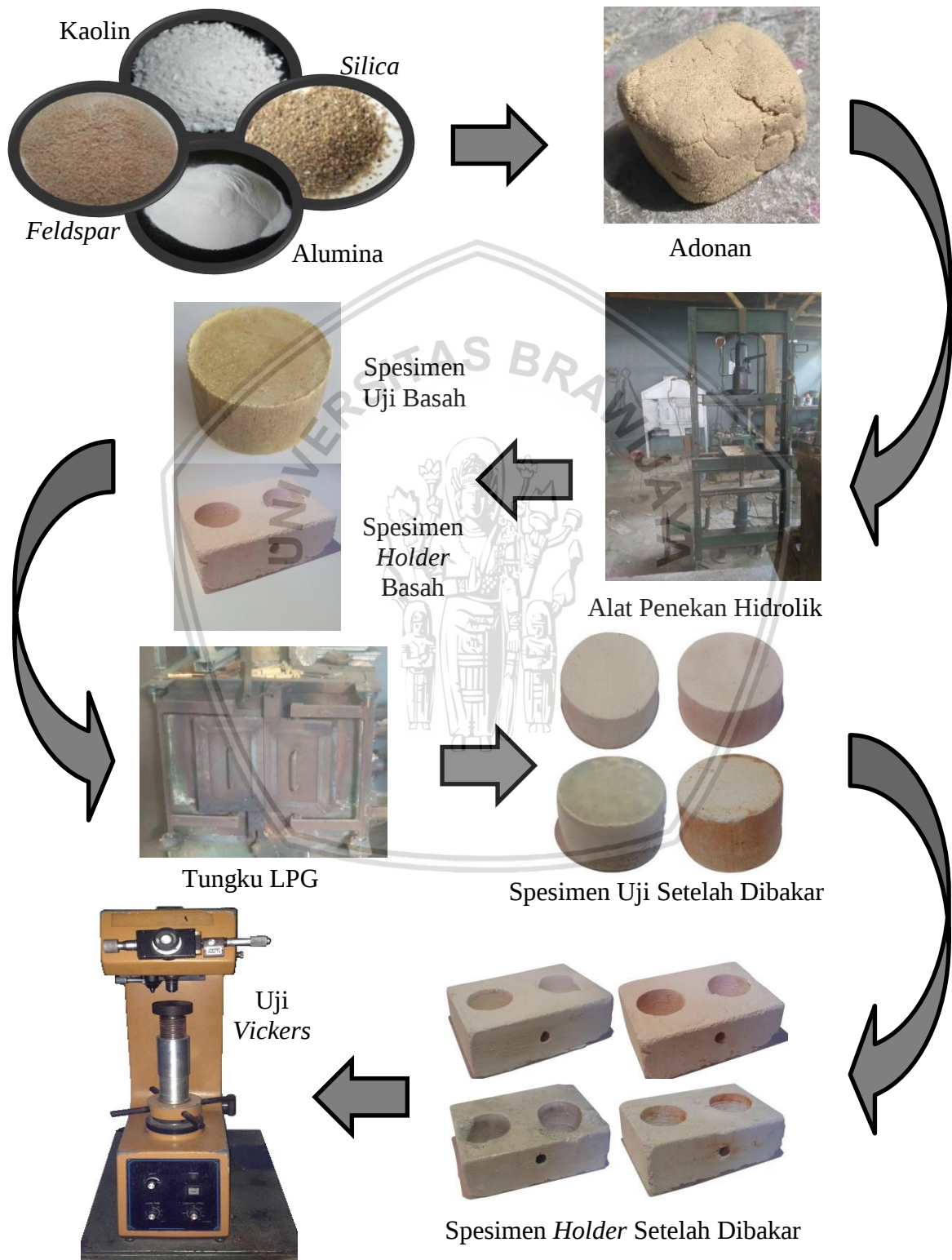
3.5 Proses Pembuatan Spesimen

Proses pembuatan spesimen memiliki langkah-langkah sebagai berikut.

1. Mempersiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Mengayak bahan baku (*mesh* 100) dan menimbang bahan yang akan dibuat.
3. Mencampur semua bahan baku dan dicampurkan air sebanyak 20%, kemudian diaduk sampai homogen dan plastis sehingga dapat dicetak.
4. Menunggu selama 1 hari agar kandungan air dalam adonan hilang.
5. Mencetak hasil campuran yang homogen menggunakan cetakan spesimen.
6. Mengeluarkan spesimen dari cetakan kemudian dikeringkan dengan udara terbuka sampai air plastis yang terkandung habis.
7. Membakar spesimen pada tungku dengan variasi jumlah pembakaran:
 - a. Pembakaran tunggal dengan temperatur 850°C dan di-*holding* selama 45 menit.

- b. Pembakaran ganda dengan temperatur 1100°C dan di-*holding* selama 45 menit
8. Pemberian glasir pada spesimen.

3.6 Skema Penelitian



Gambar 3.2 Skema penelitian

3.7 Prosedur Pengujian

3.7.1 Prosedur Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan spesimen memiliki langkah-langkah sebagai berikut.

1. Menguji dengan menekan keramik dengan *Vickers hardness tester*.
2. Mengukur panjang diagonal-diagonal jejak hasil penekanan indenter *Vickers hardness tester*.
3. Menghitung luas dari jejak hasil penekanan indenter yang akan digunakan untuk mencari besar nilai kekerasan.
4. Menghitung kekerasan keramik dengan menggunakan rumus kekerasan.

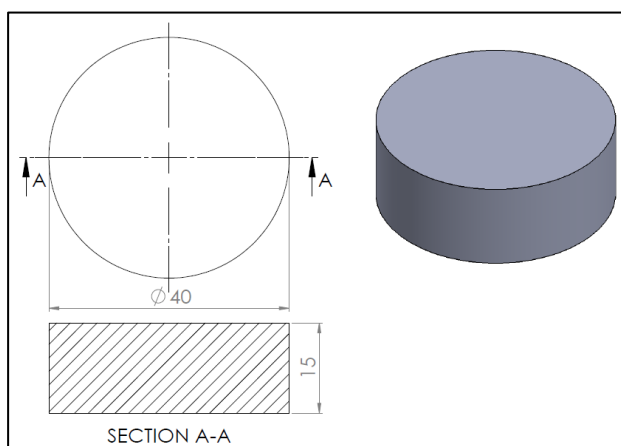
3.7.2 Prosedur Pengujian *Fracture Toughness*

Pengujian *fracture toughness* spesimen memiliki langkah-langkah sebagai berikut.

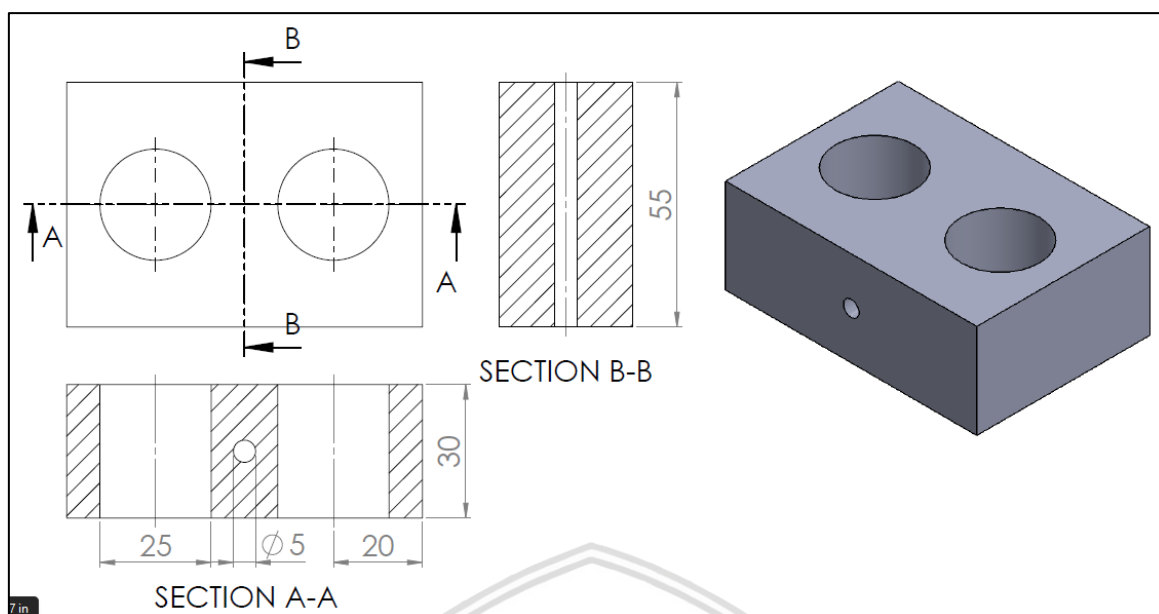
1. Menguji dengan menekan keramik dengan *Vickers hardness tester*.
2. Mengukur panjang diagonal-diagonal jejak dan panjang retak hasil penekanan indenter *Vickers hardness tester*.
3. Menghitung luas dari jejak hasil penekanan indenter yang akan digunakan untuk mencari besar nilai kekerasan.
4. Menghitung kekerasan keramik dengan menggunakan rumus kekerasan untuk mencari besar nilai *fracture toughness*.
5. Menghitung *fracture toughness* dengan menggunakan rumus *fracture toughness*.

3.8 Dimensi Spesimen

Dalam penelitian ini, spesimen yang dibentuk ada dua macam yaitu spesimen uji (gambar 3.3) dan spesimen *holder* (gambar 3.4).



Gambar 3.3 Dimensi spesimen uji dalam satuan mm



Gambar 3.4 Dimensi spesimen *holder* dalam satuan mm

3.9 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian memiliki langkah-langkah sebagai berikut.

1. Persiapan alat dan bahan untuk membuat spesimen.
2. Pembuatan spesimen benda uji dan *holder*.
3. Jika keramik yang dibuat terdapat cacat retak (*visible crack*) atau pecah maka kembali ke langkah 2, jika tidak maka lanjut ke langkah 4.
4. Melakukan proses pembakaran keramik secara tunggal dan ganda dengan sebagian diberikan lapisan glasir.
5. Jika keramik yang dihasilkan terdapat cacat retak (*visible crack*) atau pecah maka kembali ke langkah 2, jika tidak maka lanjut ke langkah 6.
6. Melakukan pengujian kekerasan dan SEM pada keramik yang telah jadi.
7. Mengambil data hasil pengujian kekerasan dan SEM.
8. Menganalisis data hasil pengujian kekerasan dan SEM.
9. Membuat kesimpulan dan saran.

3.10 Rancangan Penelitian

Untuk mengetahui pengaruh dari jumlah pembakaran serta pengglasiran terhadap nilai kekerasan dan *fracture toughness* keramik, maka harus merencanakan model dari rancangan penelitian untuk mendapatkan data dalam penelitian dapat berguna. Rancangan penelitian merupakan cara untuk menentukan keberhasilan suatu penelitian dan juga menentukan analisis yang tepat.

Pada penelitian ini terdapat dua jenis data yang akan direncanakan, yaitu untuk data nilai kekerasan dan data nilai *fracture toughness*. Rancangan tabel dari hasil pengujian dan pengambilan data terdapat pada tabel 3.3 dan tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.3

Data Rancangan Hasil Pengujian Kekerasan dengan *Vickers Ceramic Holder* Pembakaran Tunggal dan Ganda

Variasi pengglasiran	Titik ke-	D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	L (mm ²)	H (VHN)	H _{Av} (VHN)
Dengan glasir	1	D _{1(1.1)}	D _{2(1.1)}	L _(1.1)	H _(1.1)	H _{Av1}
	2	D _{1(1.2)}	D _{2(1.2)}	L _(1.2)	H _(1.2)	
	3	D _{1(1.3)}	D _{2(1.3)}	L _(1.3)	H _(1.3)	
	4	D _{1(1.4)}	D _{2(1.4)}	L _(1.4)	H _(1.4)	
	5	D _{1(1.5)}	D _{2(1.5)}	L _(1.5)	H _(1.5)	
Tanpa glasir	1	D _{1(2.1)}	D _{2(2.1)}	L _(2.1)	H _(2.1)	H _{Av2}
	2	D _{1(2.2)}	D _{2(2.2)}	L _(2.2)	H _(2.2)	
	3	D _{1(2.3)}	D _{2(2.3)}	L _(2.3)	H _(2.3)	
	4	D _{1(2.4)}	D _{2(2.4)}	L _(2.4)	H _(2.4)	
	5	D _{1(2.5)}	D _{2(2.5)}	L _(2.5)	H _(2.5)	

D₁ : Diagonal 1

D₂ : Diagonal 2

L : Luas

H : Kekerasan

H_{Av} : Kekerasan rata-rata

Tabel 3.4

Data Rancangan Hasil Pengujian *Fracture Toughness Ceramic Holder* Pembakaran Tunggal dan Ganda

Variasi pengglasiran	Retak Ke-	D (mm)	l (mm)	H (VHN)	K _{IC} (Kg.m ^{1/2})	K _{IC Av} (Kg.m ^{1/2})
Dengan glasir	1	D _(1.1)	l _(1.1)	H _(1.1)	K _{IC(1.1)}	K _{IC Av1}
	2	D _(1.2)	l _(1.2)	H _(1.2)	K _{IC(1.2)}	
Tanpa glasir	1	D _(2.1)	l _(2.1)	H _(2.1)	K _{IC(2.1)}	K _{IC Av2}
	2	D _(2.2)	l _(2.2)	H _(2.2)	K _{IC(2.2)}	

D : Diagonal

l : Panjang retak

H : Kekerasan

K_{IC} : *Fracture toughness*

K_{IC Av} : *Fracture toughness* rata-rata

Setelah terkumpulnya data seperti pada tabel 3.3 dan tabel 3.4, selanjutnya data tersebut akan diolah dan ditampilkan dalam bentuk grafik, seperti pada gambar 3.5 dan gambar 3.6 berikut ini.

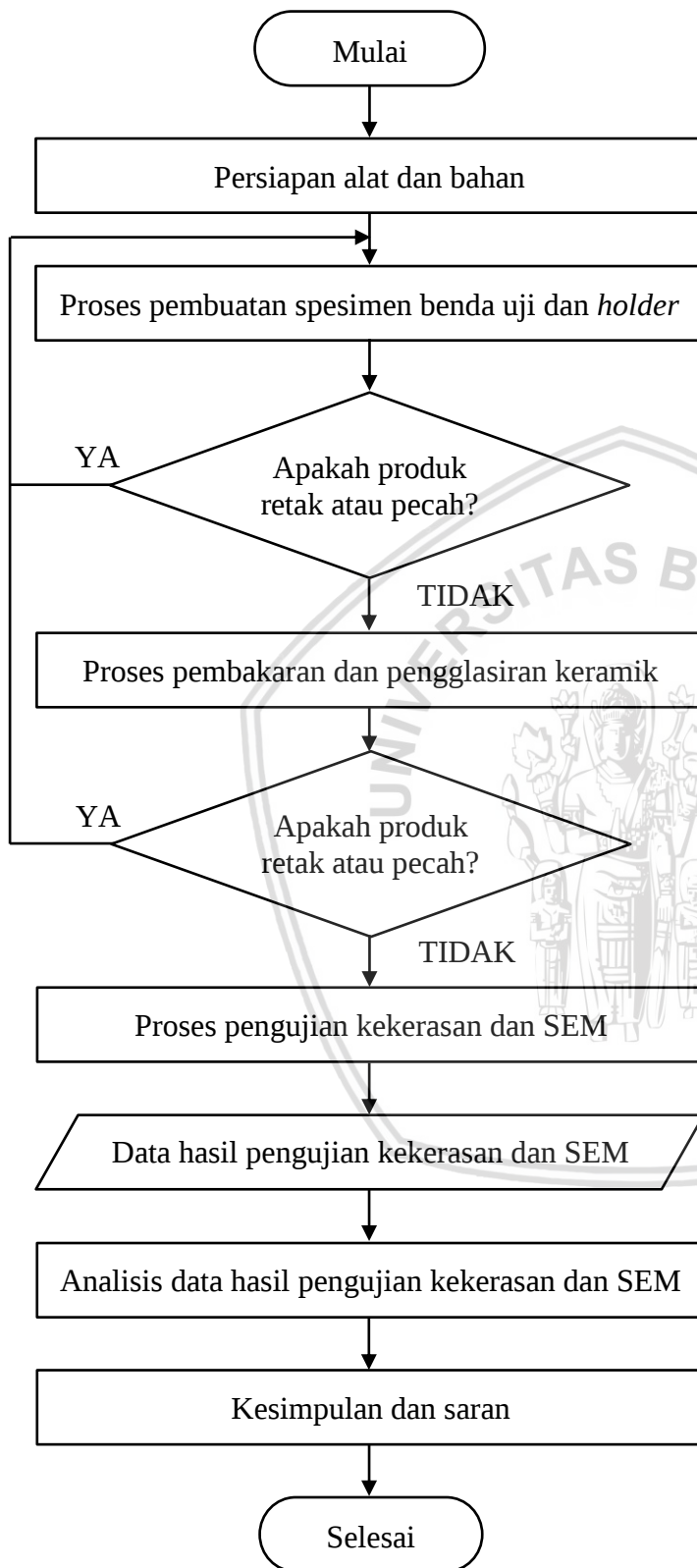


Gambar 3.5 Grafik rancangan nilai kekerasan (VHN) *ceramic holder* pembakaran tunggal dan ganda



Gambar 3.6 Grafik rancangan nilai *fracture toughness* *ceramic holder* pembakaran tunggal dan ganda

3.11 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.7 Diagram alir penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan menghasilkan data hasil kekerasan dan *fracture toughness* pada keramik yang akan dijelaskan berikut ini.

4.1.1 Data Hasil Pengujian Kekerasan *Ceramic Holder*

1. Data Hasil Pengujian Kekerasan *Ceramic Holder* Pembakaran Tunggal

Pada pengujian kekerasan *Vickers* pada keramik dengan pembakaran tunggal menghasilkan data seperti pada tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1

Data Hasil Pengujian Kekerasan *Ceramic Holder* Pembakaran Tunggal

Variasi pengglasiran	Titik ke-	D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	L (mm ²)	H (VHN)	H _{Av} (VHN)
Dengan glasir	1	0.761	0.864	0.660	2.808	2.547
	2	0.824	0.887	0.732	2.533	
	3	0.822	0.859	0.706	2.624	
	4	0.888	0.877	0.779	2.381	
	5	0.892	0.871	0.777	2.386	
Tanpa glasir	1	0.802	0.837	0.672	2.761	2.315
	2	0.856	0.940	0.806	2.299	
	3	0.920	0.851	0.784	2.364	
	4	0.901	0.920	0.829	2.236	
	5	0.982	0.986	0.968	1.915	

D₁ : Diagonal 1

D₂ : Diagonal 2

L : Luas

H : Kekerasan

H_{Av} : Kekerasan rata-rata

2. Data Hasil Pengujian Kekerasan *Ceramic Holder* Pembakaran Ganda

Pada pengujian kekerasan *Vickers* pada keramik dengan pembakaran ganda menghasilkan data seperti pada tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2

Data Hasil Pengujian Kekerasan *Ceramic Holder* Pembakaran Ganda

Variasi pengglasiran	Titik ke-	D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	L (mm ²)	H (VHN)	H _{Av} (VHN)
Dengan glasir	1	0.190	0.197	0.037	49.516	97.041
	2	0.128	0.168	0.022	84.642	
	3	0.118	0.126	0.015	124.563	
	4	0.124	0.136	0.017	109.704	
	5	0.128	0.124	0.016	116.780	
Tanpa glasir	1	0.857	0.603	0.533	3.479	3.632
	2	0.656	0.636	0.417	4.443	
	3	0.603	0.638	0.385	4.815	
	4	0.933	0.976	0.911	2.035	
	5	0.716	0.763	0.547	3.390	

D₁ : Diagonal 1D₂ : Diagonal 2

L : Luas

H : Kekerasan

H_{Av} : Kekerasan rata-rata

4.1.2 Data Hasil Pengujian *Fracture Toughness Ceramic Holder*

1. Data Hasil Pengujian *Fracture Toughness Ceramic Holder* Pembakaran Tunggal

Pada pengujian kekerasan *Vickers* pada keramik dengan pembakaran tunggal menghasilkan data seperti pada tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3

Data Hasil Pengujian *Fracture Toughness Ceramic Holder* Pembakaran Tunggal

Variasi pengglasiran	Retak Ke-	D (mm)	l (mm)	H (VHN)	K _{IC} (Kg.m ^{1/2})	K _{IC Av} (Kg.m ^{1/2})
Dengan glasir	1	0.856	0.578	2.533	0.074	0.084
	2	0.856	0.425	2.533	0.094	
Tanpa glasir	1	0.898	1.010	2.299	0.042	0.049
	2	0.898	0.750	2.299	0.056	

D : Diagonal

l : Panjang retak

H : Kekerasan

K_{IC} : *Fracture toughness*K_{IC Av} : *Fracture toughness* rata-rata

2. Data Hasil Pengujian *Fracture Toughness Ceramic Holder* Pembakaran Tunggal

Pada pengujian kekerasan *Vickers* pada keramik dengan pembakaran tunggal menghasilkan data seperti pada tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.4

Data Hasil Pengujian *Fracture Toughness Ceramic Holder* Pembakaran Ganda

Variasi pengglasiran	Retak Ke-	D (mm)	l (mm)	H (VHN)	K _{IC} (Kg.m ^{1/2})	K _{IC Av} (Kg.m ^{1/2})
Dengan glasir	1	0.148	0.131	84.642	0.799	0.893
	2	0.148	0.104	84.642	0.988	
Tanpa glasir	1	0.621	0.840	4.815	0.060	0.091
	2	0.621	0.405	4.815	0.123	

D : Diagonal

l : Panjang retak

H : Kekerasan

K_{IC} : *Fracture toughness*

K_{IC Av} : *Fracture toughness rata-rata*

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Perhitungan Nilai Kekerasan *Ceramic Holder*

1. Perhitungan Nilai Kekerasan *Ceramic Holder* Pembakaran Tunggal

Dari hasil pengujian *ceramic holder* setelah proses pembakaran pertama selanjutnya menghitung nilai kekerasan keramik, baik dengan glasir maupun tanpa glasir dengan persamaan sebagai berikut:

$$H = \frac{2P \sin\left(\frac{136^\circ}{2}\right)}{L}$$

$$H = \frac{1.854P}{L}$$

$$H = \frac{1.854 \times 1}{0.660^2}$$

$$H = 2.808 \text{ VHN} \quad (\text{titik pertama spesimen pembakaran tunggal dengan glasir})$$

2. Perhitungan Nilai Kekerasan *Ceramic Holder* Pembakaran Ganda

Dari hasil pengujian *ceramic holder* setelah proses pembakaran kedua selanjutnya menghitung nilai kekerasan keramik, baik dengan glasir maupun tanpa glasir dengan persamaan sebagai berikut:

$$H = \frac{2P \sin\left(\frac{136^\circ}{2}\right)}{L}$$

$$H = \frac{1.854P}{L}$$

$$H = \frac{1.854 \times 1}{0.015^2}$$

$$H = 124.563 \text{ VHN} \quad (\text{titik ketiga spesimen pembakaran ganda dengan glasir})$$

4.2.2 Perhitungan Nilai *Fracture Toughness Ceramic Holder*

1. Perhitungan Nilai *Fracture Toughness Ceramic Holder* Pembakaran Tunggal

Dari hasil pengujian *ceramic holder* setelah proses pembakaran pertama selanjutnya menghitung nilai *fracture toughness* keramik, baik dengan glasir maupun tanpa glasir dengan persamaan sebagai berikut:

$$K_{IC} = 0.16 \left(\frac{c}{a} \right)^{-1.5} (Ha^{1/2})$$

$$K_{IC} = 0.16 \left(\frac{1.006}{0.428} \right)^{-1.5} (2.533 \times 0.428^{1/2})$$

$$K_{IC} = 0.074 \text{ kg.m}^{1/2} \quad (\text{Retak 1 Dengan Glasir})$$

2. Perhitungan Nilai *Fracture Toughness Ceramic Holder* Pembakaran Ganda

Dari hasil pengujian *ceramic holder* setelah proses pembakaran kedua selanjutnya menghitung nilai *fracture toughness* keramik, baik dengan glasir maupun tanpa glasir dengan persamaan sebagai berikut:

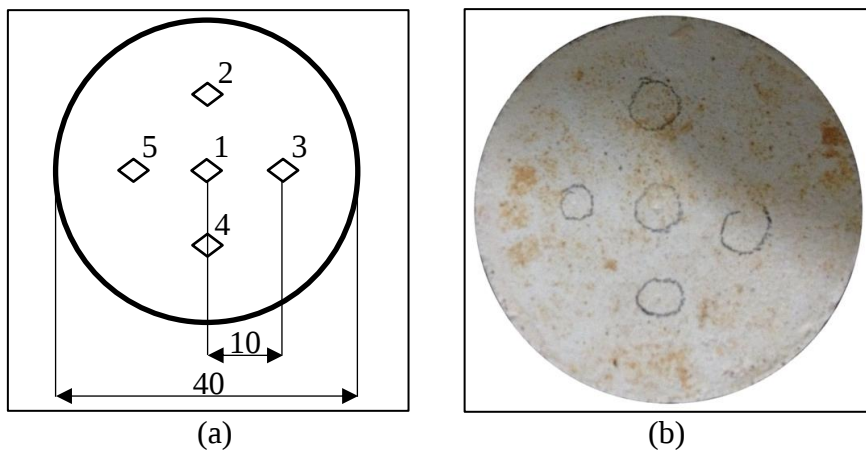
$$K_{IC} = 0.16 \left(\frac{c}{a} \right)^{-1.5} (Ha^{1/2})$$

$$K_{IC} = 0.16 \left(\frac{0.178}{0.074} \right)^{-1.5} (84.642 \times 0.074^{1/2})$$

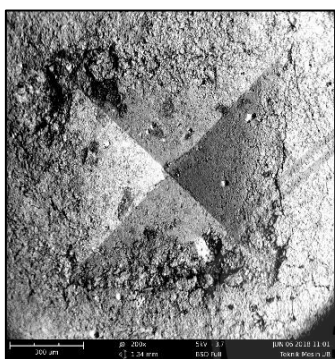
$$K_{IC} = 0.988 \text{ kg.m}^{1/2} \quad (\text{Retak 2 Dengan Glasir})$$

4.3 Pengujian *Vickers*

Prinsip uji kekerasan *Vickers* adalah besar beban dibagi dengan luas daerah indentasi. Hasil penelitian pengujian kekerasan *Vickers* menurut Tri Exaudi (2017) memiliki nilai kekerasan 364.92 HVN dengan komposisi 90% Al_2O_3 pada suhu *firing* 1100°C. Pada pengujian kekerasan dengan *Vickers hardness tester* dilakukan pada lima titik penekanan dalam satu spesimen, persebaran titik penekanan seperti pada gambar 4.1. Dalam setiap penekanan akan meninggalkan jejak berupa bentuk belah ketupat seperti gambar 4.2, jejak penekanan tersebut akan diukur panjang diagonal satu dan diagonal dua untuk mencari luas dari jejak tersebut yang akan digunakan dalam perhitungan mencari nilai kekerasan.

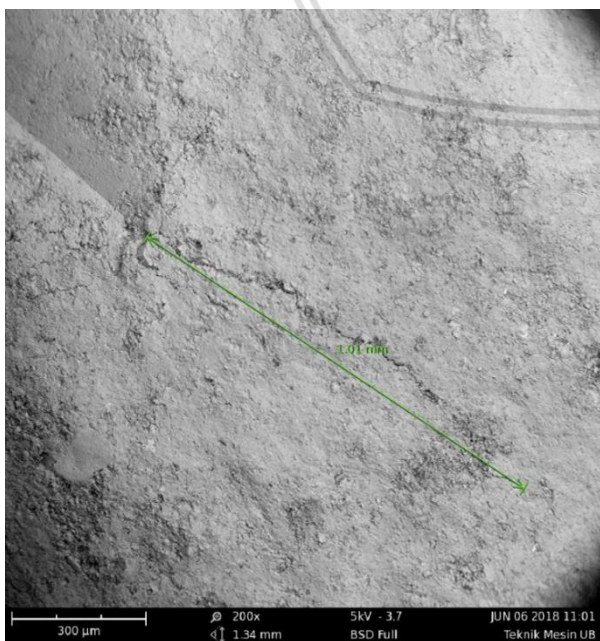


Gambar 4.1 Pola titik penekanan (a) Sketsa dalam satuan mm dan (b) Spesimen



Gambar 4.2 Jejak titik penekanan

Berdasarkan pengujian *Vickers* juga didapatkan data panjang retakan dari hasil jejak indentor yang dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut ini.

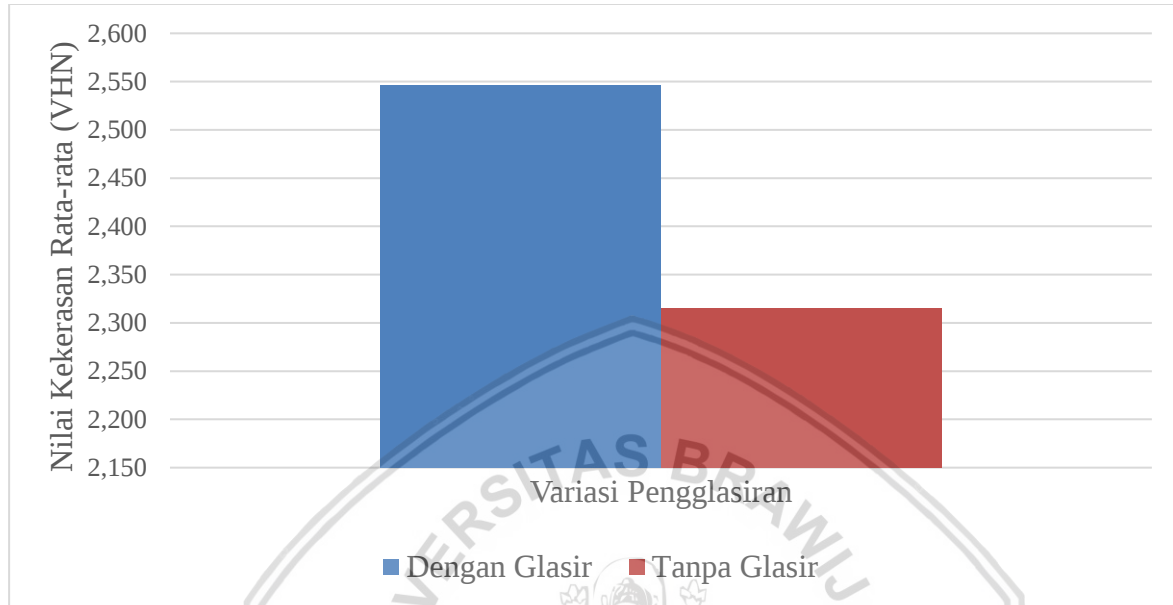


Gambar 4.3 Panjang retakan hasil jejak penekanan

4.4 Grafik dan Pembahasan

4.4.1 Grafik Nilai Kekerasan *Ceramic Holder*

1. Grafik Nilai Kekerasan *Ceramic Holder* Pembakaran Tunggal

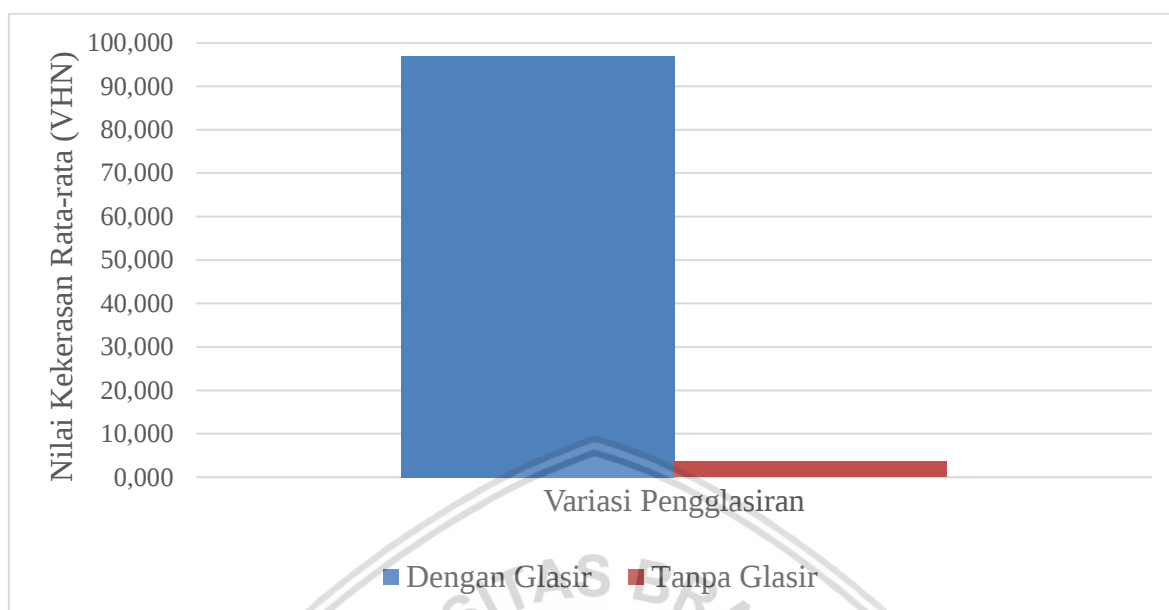


Gambar 4.4 Grafik kekerasan (VHN) *ceramic holder* pembakaran tunggal

Dari grafik pada gambar 4.4 didapatkan hubungan antara nilai kekerasan *Vickers* dengan variasi pemberian lapisan glasir dan tanpa pemberian lapisan glasir pada pembakaran tunggal. Dapat dilihat pada grafik bahwa dengan diberikannya lapisan glasir maka nilai rata-rata kekerasan dari keramik akan menjadi lebih tinggi, nilai rata-rata dari kekerasan *Vickers* dengan glasir adalah 2.547 VHN sedangkan nilai rata-rata dari kekerasan *Vickers* tanpa glasir adalah 2.315 VHN, hal ini karena fungsi dari glasir sendiri adalah untuk menambah kekerasan pada keramik.

Pada pengujian kekerasan *Vickers* dengan glasir nilai kekerasan keramik memiliki rentang nilai antara 2.381 VHN sampai dengan 2.808 VHN. Sedangkan pada pengujian kekerasan *Vickers* tanpa glasir nilai kekerasan keramik memiliki rentang nilai antara 1.915 VHN sampai dengan 2.761 VHN.

2. Grafik Nilai Kekerasan *Ceramic Holder* Pembakaran Ganda



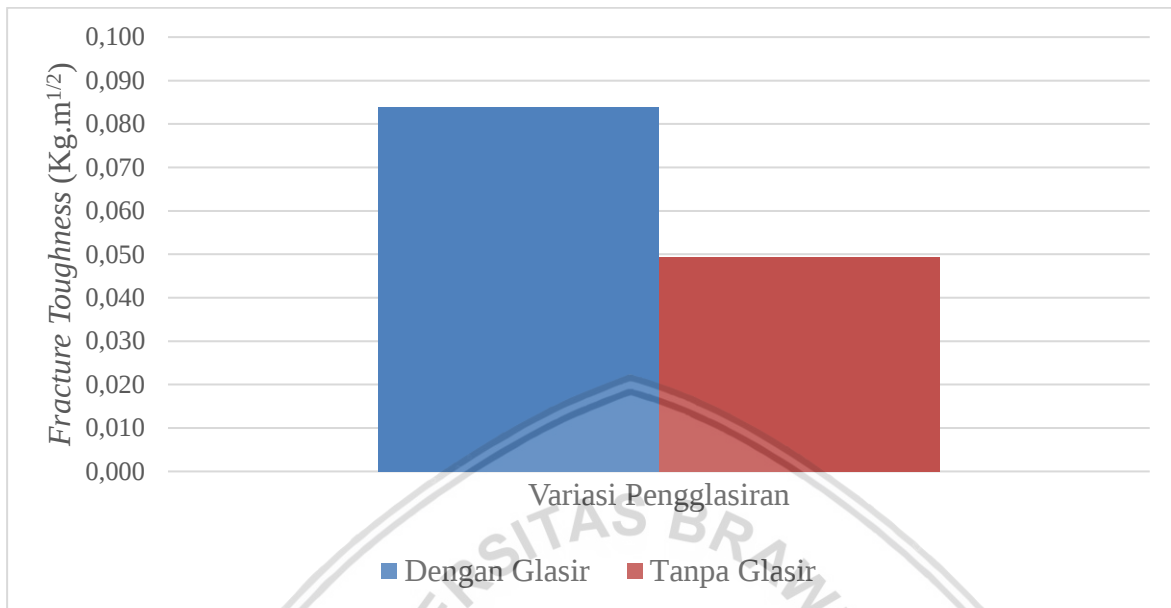
Gambar 4.5 Grafik kekerasan (VHN) *ceramic holder* pembakaran ganda

Dari grafik pada gambar 4.5 didapatkan hubungan antara nilai kekerasan *Vickers* dengan variasi pemberian lapisan glasir dan tanpa pemberian lapisan glasir pada pembakaran ganda. Dapat dilihat pada grafik bahwa dengan diberikannya lapisan glasir maka nilai rata-rata kekerasan dari keramik akan menjadi lebih tinggi, nilai rata-rata dari kekerasan *Vickers* dengan glasir adalah 97.041 VHN sedangkan nilai rata-rata dari kekerasan *Vickers* tanpa glasir adalah 3.632 VHN, hal ini karena fungsi dari glasir sendiri adalah untuk menambah kekerasan pada keramik.

Pada pengujian kekerasan *Vickers* dengan glasir nilai kekerasan keramik memiliki rentang nilai antara 49.516 VHN sampai dengan 124.563 VHN. Sedangkan pada pengujian kekerasan *Vickers* tanpa glasir nilai kekerasan keramik memiliki rentang nilai antara 2.035 VHN sampai dengan 4.815 VHN.

4.4.2 Grafik Nilai *Fracture Toughness Ceramic Holder*

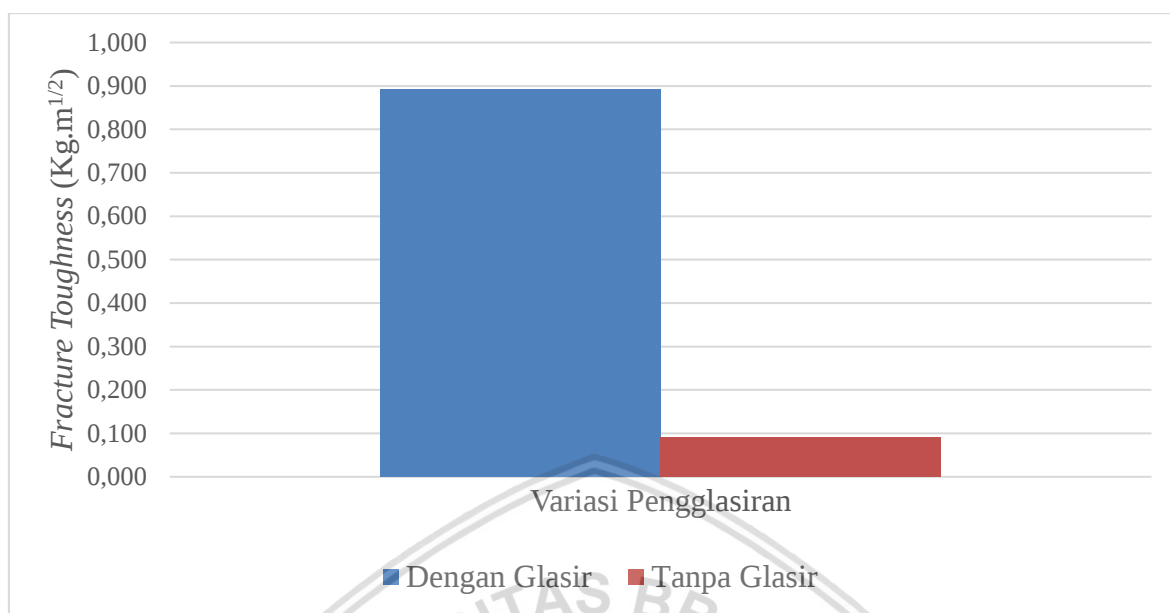
1. Grafik Nilai *Fracture Toughness Ceramic Holder* Pembakaran Tunggal



Gambar 4.6 Grafik *fracture toughness ceramic holder* pembakaran tunggal

Dari grafik pada gambar 4.6 didapatkan hubungan antara nilai *fracture toughness* dengan variasi pemberian lapisan glasir dan tanpa pemberian lapisan glasir pada pembakaran tunggal. Dapat dilihat pada grafik bahwa dengan diberikannya lapisan glasir pada spesimen maka nilai *fracture toughness* dari keramik akan menjadi lebih tinggi, nilai rata-rata *fracture toughness* dengan glasir adalah $0.084 \text{ kg.m}^{1/2}$, sedangkan nilai rata-rata *fracture toughness* tanpa glasir adalah $0.049 \text{ kg.m}^{1/2}$. Pemberian lapisan glasir pada keramik akan membuat nilai *fracture toughness* keramik menjadi lebih tinggi, hal ini karena fungsi dari glasir sendiri adalah untuk menambah kekerasan pada keramik. Sesuai dengan rumus (2-2), besar nilai kekerasan pada keramik juga mempengaruhi besar nilai *fracture toughness*, semakin tingginya kekerasan keramik maka nilai *fracture toughness* juga akan semakin bertambah.

2. Grafik Nilai *Fracture Toughness Ceramic Holder* Pembakaran Ganda



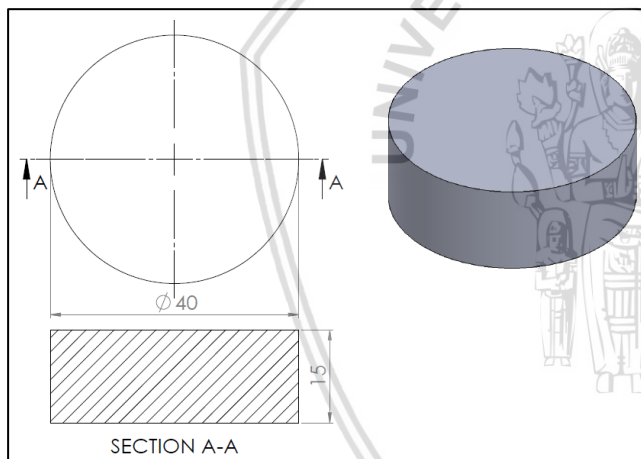
Gambar 4.7 Grafik *fracture toughness ceramic holder* pembakaran ganda

Dari grafik pada gambar 4.7 didapatkan hubungan antara nilai *fracture toughness* dengan variasi pemberian lapisan glasir dan tanpa pemberian lapisan glasir pada pembakaran ganda. Dapat dilihat pada grafik bahwa dengan diberikannya lapisan glasir pada spesimen maka nilai *fracture toughness* dari keramik akan menjadi lebih tinggi, nilai rata-rata *fracture toughness* dengan glasir adalah $0.893 \text{ kg.m}^{1/2}$, sedangkan nilai rata-rata *fracture toughness* tanpa glasir adalah $0.091 \text{ kg.m}^{1/2}$. Pemberian lapisan glasir pada keramik akan membuat nilai *fracture toughness* keramik menjadi lebih tinggi, hal ini karena fungsi dari glasir sendiri adalah untuk menambah kekerasan pada keramik. Sesuai dengan rumus (2-2), besar nilai kekerasan pada keramik juga mempengaruhi besar nilai *fracture toughness*, semakin tingginya kekerasan keramik maka nilai *fracture toughness* juga akan semakin bertambah.

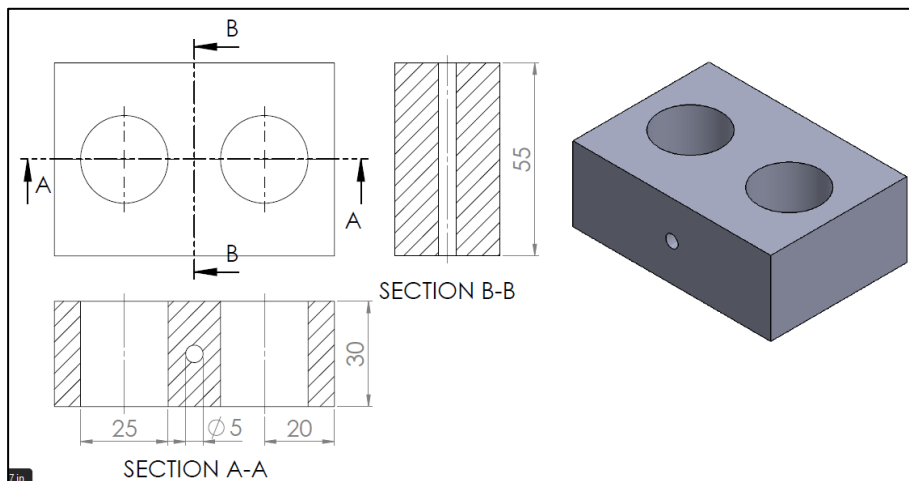
4.5 Analisis Pengaruh Pengglasiran dan Pembakaran Terhadap Kekerasan dan *Fracture Toughness Ceramic Holder*

Kekerasan adalah kemampuan material untuk menahan beban tekan (gaya penekanan) dari material lain yang memiliki kekerasan lebih tinggi terhadap permukaan benda yang diuji. Pengaruh pengglasiran terhadap nilai kekerasan spesimen pada pembakaran tunggal adalah spesimen dengan lapisan glasir menghasilkan kekerasan yang lebih tinggi, berbeda dengan spesimen tanpa lapisan glasir. Begitu pula pengaruh pembakaran, pembakaran

ganda menghasilkan kekerasan spesimen yang lebih tinggi dibandingkan pada pembakaran pertama. Hal ini disebabkan karena pemberian glasir pada pembakaran ganda dilakukan setelah proses pembakaran pertama, sehingga keramik sudah dalam kondisi sangat kering (tidak terdapat kandungan air) dan glasir dapat menyerap secara sempurna dan menghasilkan nilai kekerasan yang lebih tinggi. Sehingga keramik yang memiliki nilai kekerasan tertinggi adalah keramik yang mengalami proses pembakaran ganda dengan ditambahkannya lapisan glasir. Sedangkan nilai dari kekerasan berpengaruh terhadap nilai dari *fracture toughness* keramik, semakin tinggi nilai kekerasannya maka akan semakin tinggi juga nilai *fracture toughness*-nya. Berikut ini adalah contoh masing-masing keramik dengan pembakaran tunggal dan ganda baik dengan lapisan glasir maupun tanpa lapisan glasir yang dapat dilihat pada gambar 4.10 dan gambar 4.11 untuk spesimen uji, dan gambar 4.12 dan gambar 4.13 untuk spesimen *holder*, sedangkan gambar dimensi untuk spesimen uji dan spesimen *holder* terdapat pada gambar 4.8 dan gambar 4.9 berikut ini.



Gambar 4.8 Dimensi spesimen uji dalam satuan mm



Gambar 4.9 Dimensi spesimen *holder* dalam satuan mm



(a)



(b)

Gambar 4.10 Spesimen uji pembakaran tunggal (a) Dengan glasir dan (b) Tanpa glasir



(a)



(b)

Gambar 4.11 Spesimen uji pembakaran ganda (c) Dengan glasir dan (d) Tanpa glasir



(a)



(b)

Gambar 4.12 Ceramic holder pembakaran tunggal (a) Dengan glasir dan (b) Tanpa glasir



(a)



(b)

Gambar 4.13 Ceramic holder pembakaran ganda (a) Dengan glasir dan (b) Tanpa glasir

Hasil proses pembakaran keramik yang telah dilakukan dengan variasi proses pembakaran (tunggal dan ganda) dan lapisan glasir (dengan glasir dan tanpa glasir) akan menghasilkan keramik dengan ciri fisik yang berbeda, hal ini dijelaskan pada tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4.5
Ciri Fisik Permukaan Keramik Setelah Mengalami Proses Pembakaran

Variasi pembakaran	Variasi pengglasiran	Gambar Spesimen	Ciri fisik
Pembakaran Tunggal	Dengan Glasir		1. Glasir tidak terserap secara sempurna ke dalam keramik. 2. Lapisan permukaan keramik tidak mengkilap akibat penyerapan glasir yang tidak maksimal. 3. Lapisan permukaan keramik pecah-pecah akibat diberikannya lapisan glasir sebelum pembakaran.
	Tanpa Glasir		1. Lapisan permukaan keramik tidak mengkilap karena tidak adanya lapisan glasir 2. Permukaan berwarna cream akibat dilakukannya dua kali pembakaran.
Pembakaran Ganda	Dengan Glasir		1. Keramik menyerap glasir secara sempurna. 2. Lapisan permukaan keramik akibat adanya glasir membuat keramik menjadi mengkilap. 3. Lapisan permukaan keramik akibat adanya glasir membuat keramik menjadi licin.
	Tanpa Glasir		1. Lapisan permukaan keramik tidak mengkilap karena tidak adanya lapisan glasir. 2. Permukaan berwarna coklat akibat dilakukannya dua kali pembakaran.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian pengujian nilai kekerasan dan *fracture toughness ceramic holder* dengan variasi pembakaran serta pemberian lapisan glasir dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil uji nilai kekerasan *ceramic holder* pada pembakaran tunggal dengan glasir memiliki nilai rata-rata kekerasan 2.547 VHN, dan yang tanpa glasir memiliki nilai rata-rata kekerasan 2.315 VHN. Sedangkan hasil uji nilai kekerasan *ceramic holder* pada pembakaran ganda dengan glasir memiliki nilai rata-rata kekerasan 97.041 VHN, dan yang tanpa glasir memiliki nilai rata-rata kekerasan 3.632 VHN. Dapat disimpulkan bahwa pemberian lapisan glasir membuat keramik memiliki nilai kekerasan lebih tinggi untuk setiap variasi pembakaran. Begitu pula dengan variasi pembakaran, keramik yang dibakar ganda memiliki nilai kekerasan lebih tinggi. Hal ini sesuai dengan fungsi pengglasiran, yaitu untuk menambahkan nilai kekerasan keramik, dan juga sesuai dengan fungsi pembakaran, keramik dengan proses pembakaran ganda akan membuat penyerapan glasir lebih baik karena telah dilakukan pembakaran pertama terlebih dahulu sebelum diberikan glasir.
2. Hasil uji nilai *fracture toughness ceramic holder* pada pembakaran tunggal dengan glasir memiliki nilai rata-rata $0.084 \text{ Kg.m}^{1/2}$, dan yang tanpa glasir memiliki nilai rata-rata $0.049 \text{ Kg.m}^{1/2}$. Sedangkan hasil uji nilai *fracture toughness ceramic holder* pada pembakaran ganda dengan glasir memiliki nilai rata-rata $0.893 \text{ Kg.m}^{1/2}$, dan yang tanpa glasir memiliki nilai rata-rata $0.091 \text{ Kg.m}^{1/2}$. Dapat disimpulkan bahwa keramik dengan lapisan glasir memiliki nilai *fracture toughness* lebih tinggi untuk setiap variasi pembakaran, hal ini sesuai dengan fungsi pengglasiran, yaitu untuk menambahkan nilai kekerasan keramik, dimana nilai kekerasan akan berpengaruh terhadap nilai *fracture toughness*. Semakin tinggi nilai kekerasan, akan membuat nilai *fracture toughness* semakin tinggi. Tingginya nilai *fracture toughness* juga dipengaruhi oleh jumlah pembakaran, karena jumlah pembakaran akan mempengaruhi nilai kekerasan dari keramik.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh jumlah pembakaran terhadap sifat *ceramic holder*.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh komposisi persentase bahan baku alumina (sebagai *ceramic oxide*) terhadap sifat *ceramic holder*.



DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M., Irawan, B., 2010, Pengaruh Tekanan Kompaksi dan Suhu Sintering Terhadap Kekerasan Keramik Lumpur Lapindo, Semarang: Muhammadiyah University
- Astuti, Ambar, 1997, Pengetahuan Keramik, Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Bailey, J. G., 2009, *Kiln Removable Ceramic Element Holder*, United States of America: Ceramic Science, Inc.
- Barsoum, M. W., 1997, *Fundamentals of Ceramics*, Singapore: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Budiyanto, W. G., Sugihartono, Sulistya, R., Prasudi, F., Yanto, T. E., 2008, Kriya Keramik, Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Callister, W. D., Rethwisch, D. G., 2009, *Material Science and Engineering, an Introduction, Eight*, United States of America: John Wiley and Sons, Inc.
- Chawla, K. K., 1993, *Ceramic Matrix Composites*, Great Britain: Cambridge University Press.
- Shackelford, J. F., Doremus, R. H., 2008, *Ceramics and Glass Materials Structure, Properties, and Processing*, New York: Springer Science + Business Media, LLC.
- Groover, Mikell P, 2010, *Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes, and Systems 4^{Ed}*, United States of America: John Wiley and Sons, Inc.
- Green, D. J., 1998, *An Introduction to The Mechanical Properties of Ceramic*, Great Britain: Cambridge University Press.
- Hill, McGraw, 1997, *Fundamentals of Ceramic*, Singapore: John Wiley and Sons, Inc.
- Jacobs, James A., 1997, *Engineering Materials Technology Structures, Processing, Properties and Selection*, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Janssen, M., Zuidema, H., Wanhill, R. J. H., 2002, *Fracture Mechanics*, Netherlands: Delft University Press.
- Jukdin, Tengku, 2012, Pengaruh Komposisi Terhadap Sifat Mekanik Keramik Berpori Menggunakan Debu Vulkanik Gunung Sinabung, Sumatera Utara: Asahan University.
- Kalpakjian, Serope, 1989, *Manufacturing Engineering and Techmology*, United States of America: Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- Kingery, K. D., Bowen, H. K., Uhlmann, D. R., 1976, *Introduction to Ceramics*, Canada: John Wiley and Sons, Inc.

- Rangel, E. R., 2012, *Fracture Toughness Determinations by Means of Indentation Fracture*, Mexico: Universidad Politécnica de Victoria
- Smith, W. F., 1996, *Principle of Material Science and Engineering 3^{Ed}*, New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Soumiya, Shigeyuki, 1989, *Advanced Technical Ceramics*, Tokyo: Academic Press Japan, Inc.

