

**PENGARUH VARIASI KETEBALAN MASE ALUMINA TERHADAP
KUANTITAS CACAT RETAK PRODUK KERAMIK**

SKRIPSI

Konsentrasi Teknik Produksi

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

WIUDIN CAHYONO
NIM : 0110623077-62

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN MESIN

MALANG

2007



LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH VARIASI KETEBALAN MASE ALUMINA TERHADAP
KUANTITAS CACAT RETAK PRODUK KERAMIK**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

WIUDIN CAHYONO
NIM : 0110623077-62

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir.Wahyono Suprpto, MT.met
NIP. 131 574 846

Moch. Syamsul Ma'arif, ST.,MT
NIP. 132 288 243



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, karena dengan limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pengaruh variasi ketebalan *mase alumina* terhadap kuantitas cacat retak produk keramik”** untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik untuk mencapai gelar Sarjana Teknik.

Proses penyusunan skripsi ini tentunya tidak lepas dari bantuan beberapa pihak, oleh sebab itu sebagai wujud rasa syukur atas kesempatan dan kepercayaan yang telah diberikan, maka penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

- Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Bapak Ir. Tjuk Oerbandono, M.Sc, CSE, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Bapak Ir. Djarot B. Darmadi, MT, selaku Ketua Kelompok Teknik Produksi Jurusan Mesin..
- Bapak Ir. Wahyono Suprpto, MT.Met selaku Dosen Pembimbing I.
- Bapak Moch. Syamsul Ma'arif, ST.,MT selaku Dosen Pembimbing II.
- Semua Dosen Penguji Skripsi yang telah bersedia meluangkan waktu dan memberikan masukan ilmu kepada penulis.
- Kedua orang tua dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan kasih sayang, perhatian dan doa.
- Teman-teman mesin angkatan 2001 dan semuanya. Terima kasih atas semangat kebersamaannya.
- Teman-teman kos yang telah memberi semangat dan keakraban mendalam.
- Semua pihak yang turut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini jauh dari sempurna, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun bagi kesempurnaannya.

Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua. Amin.

Malang, Juli 2007

Penulis

DAFTAR ISI

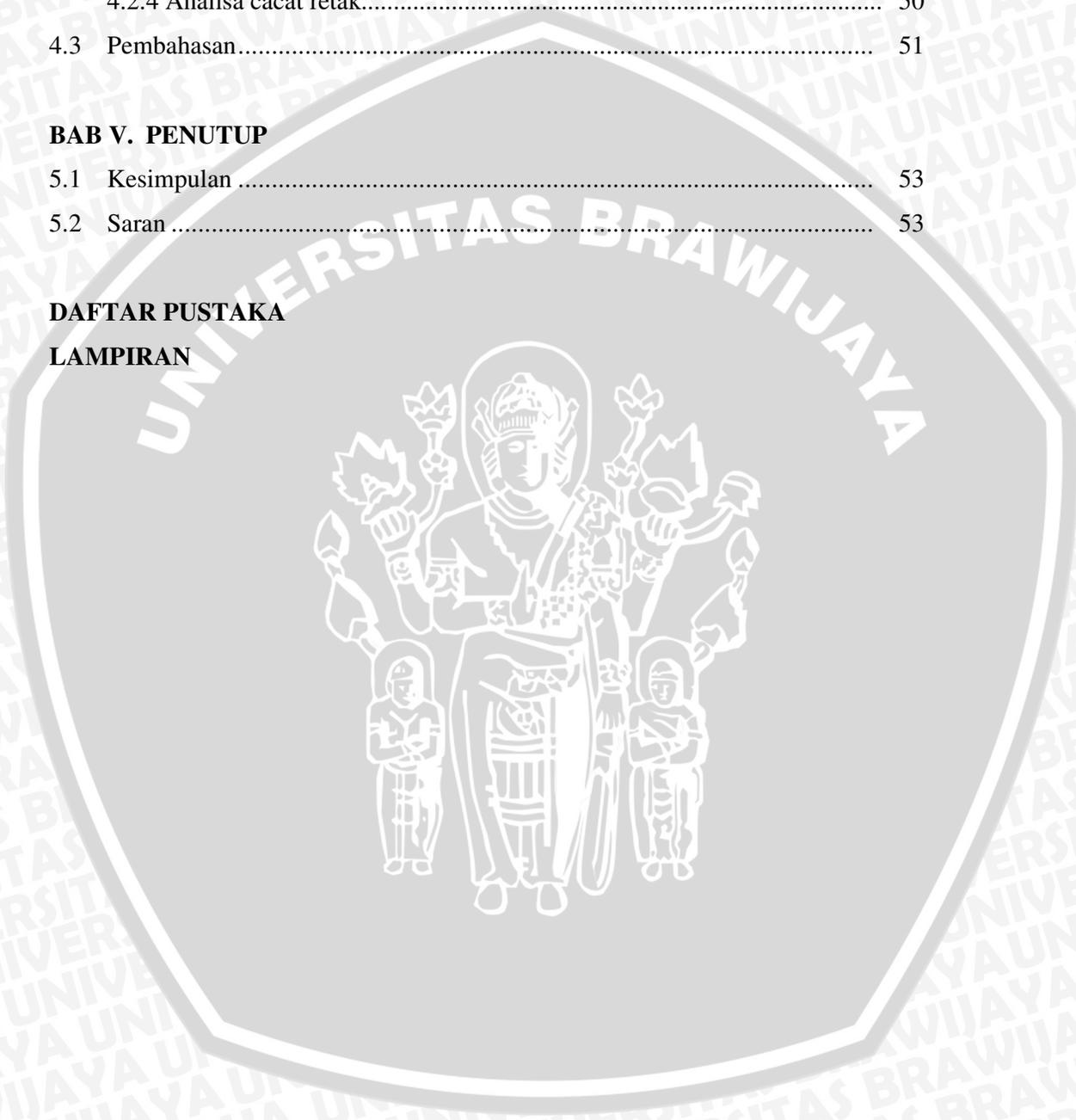
	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
DAFTAR SIMBOL	viii
RINGKASAN	ix
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	4
2.2 Pengertian dan Macam Keramik	4
2.2.1 Keramik Tradisional	5
2.2.2 Keramik Modern.....	5
2.3 Pengertian Tanah Liat.....	5
2.4 Jenis-Jenis Tanah Liat.....	7
2.5 Sifat-Sifat Tanah Liat.....	8
2.6 Macam-Macam Bahan Baku Keramik	8
2.5.1 Bahan Baku Plastis	9
2.5.2 Bahan Baku Non Plastis	12
2.7 Proses Pembuatan Keramik.....	13
2.7.1 Pengolahan Tanah Liat.....	14
2.7.2 Pembentukan	15
2.7.3 Pengeringan	17
2.7.4 Penyusunan Barang Dalam Tungku.....	19

2.7.5 Pembakaran	20
2.8 Tungku Industri Keramik.....	22
2.8.1 Macam-macam Tungku Untuk Industri Keramik.....	22
2.8.2 Alat-Alat Perlengkapan Tungku	24
2.9 Glasir.....	25
2.9.1 Bahan-Bahan Mentah Pembuatan Glasir	25
2.9.2 Cara Pengglasiran	26
2.9.3 Macam-Macam Glasir.....	27
2.9.4 Cara Pencampuran Glasir.....	28
2.10 Konversi Kimia keramik	29
2.11 Pengerasan Keramik.....	29
2.12 Keretakan	30
2.13. Tegangan Termal Pada Keramik.....	31
2.14. Cacat Yang Terjadi Pada Keramik.....	33
2.15 Hipotesa	34
 BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Metode Yang Digunakan	35
3.2 Variabel Penelitian	35
3.3 Tempat Dan Waktu Penelitian	35
3.4 Bahan, Bentuk Dan Ukuran Spesimen	36
3.4.1 Bahan Spesimen Percobaan.....	36
3.4.2 Bentuk Dan Ukuran Spesimen Percobaan.....	37
3.5 Alat-Alat Penunjang Penelitian.....	37
3.5.1 Alat-Alat Dalam Pembuatan Spesimen.....	37
3.5.2 Spesifikasi Tungku Pembakar Spesiman	37
3.5.3 Alat Pengujian Spesimen.....	37
3.6 Langkah-Langkah Pengujian Pada Spesimen	38
3.6.1 Langkah-Langkah Pengujian Cacat Retak	38
3.7 Analisa Varian Satu Arah	38
3.8 Diagram Alir Penelitian	41
 BAB IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Hasil Pengujian	42

4.2	Pengolahan Data.....	42
4.2.1	Analisa Statistik.....	43
4.2.2	Analisa Varian Satu Arah.....	46
4.2.3	Analisa Regresi.....	48
4.2.4	Analisa cacat retak.....	50
4.3	Pembahasan.....	51
BAB V. PENUTUP		
5.1	Kesimpulan.....	53
5.2	Saran.....	53

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



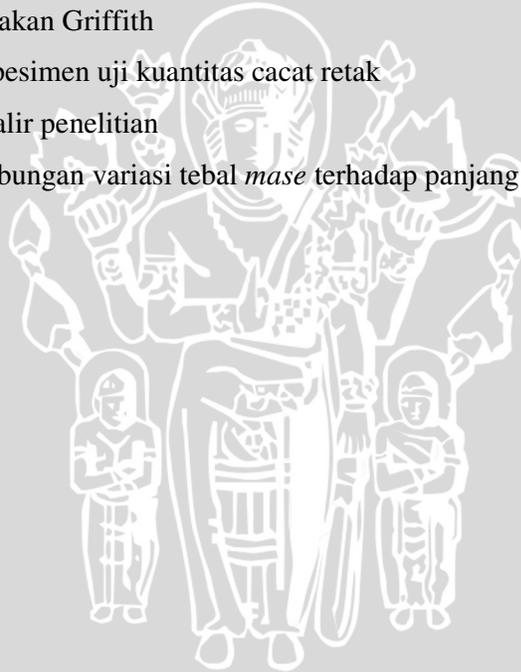
DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Koefisien pemuai termal rata-rata untuk beberapa bahan	33
Tabel 3.1	Komposisi bahan baku <i>mase</i>	36
Tabel 3.2	Rancangan penelitian	38
Tabel 3.3	Analisa varian satu arah	40
Tabel 4.1	Data nilai cacat retak	42
Tabel 4.2	Tabel penyusutan <i>mase</i>	42
Tabel 4.3	Interval penduga cacat retak pada produk keramik	46
Tabel 4.4	Analisa varian satu arah	48
Tabel 4.5	Analisa regresi kuantitas cacat retak	48



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Partikel lempung	7
Gambar 2.2	Penyaringan adonan bahan <i>mase</i>	14
Gambar 2.3	Bagan piranti jigger	16
Gambar 2.4	Cetakan <i>mase</i> keramik	17
Gambar 2.5	Tungku Pembakaran keramik	21
Gambar 2.6	Diagram fasa <i>silica</i>	22
Gambar 2.7	Tungku tempat pembakaran keramik	23
Gambar 2.8	Alat-alat pengglasiran	27
Gambar 2.9	Model retakan Griffith	31
Gambar 3.1	Ukuran spesimen uji kuantitas cacat retak	37
Gambar 3.2	Diagram alir penelitian	41
Gambar 4.1	Grafik hubungan variasi tebal <i>mase</i> terhadap panjang retak	50



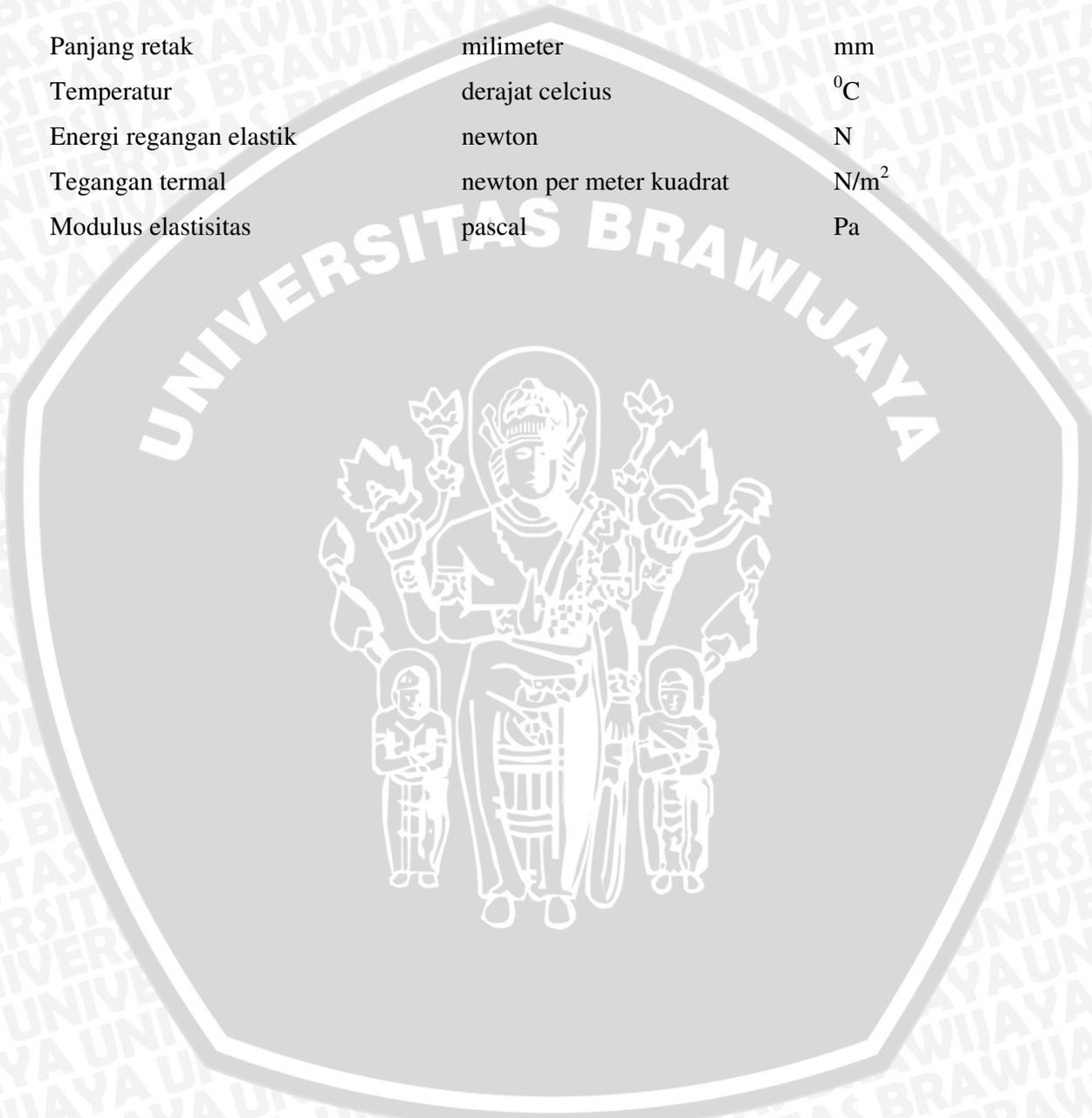
LAMPIRAN

Lampiran 1 Foto Spesimen



DAFTAR SIMBOL

Besaran dasar	Satuan	Simbol
Panjang retak	milimeter	mm
Temperatur	derajat celcius	$^{\circ}\text{C}$
Energi regangan elastik	newton	N
Tegangan termal	newton per meter kuadrat	N/m^2
Modulus elastisitas	pascal	Pa



RINGKASAN

WIUDIN CAHYONO, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2007, *Pengaruh variasi ketebalan mase alumina terhadap kuantitas cacat retak pada produk keramik*, Dosen Pembimbing : Ir. Wahyono Suprpto, MT.Met dan Moch. Syamsul Ma'arif, ST.,MT

Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas suatu produk keramik adalah dengan cara mengurangi kuantitas cacat yang terjadi pada produk tersebut. Pada penelitian ini membahas ketebalan *mase* keramik yang ditambahkan unsur *alumina* terhadap kuantitas cacat retak produk keramik. *Alumina* dapat bereaksi dengan baik pada badan (*mase*) keramik yang lebih tebal dan dapat mengontrol pemuaihan saat pembakaran, dimana hal tersebut dapat mempengaruhi besarnya kuantitas cacat, khususnya cacat retak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai kuantitas cacat retak yang dipengaruhi variasi ketebalan *mase alumina* terhadap produk keramik.

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah eksperimen sejati, dimana variabel bebasnya adalah ketebalan *mase* yang divariasikan, variasi yang digunakan adalah 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm dan 5 mm. Untuk menghitung cacat retak menggunakan jumlah panjang retak tersebut.

Dari eksperimental yang dilakukan dapat diketahui besar nilai maksimum kuantitas cacat retak yang terjadi. Pada grafik menunjukkan bahwa semakin besar ketebalan *mase alumina* yang digunakan mengakibatkan semakin kecil kuantitas cacat retaknya, dan nilai kuantitas cacat retak tertinggi adalah 20.3 mm yang berada pada ketebalan *mase* 1 mm. Penurunan cacat retak tertinggi terjadi berada pada ketebalan *mase* 1 mm sampai 3 mm, sedangkan penurunan nilai kuantitas cacat retak sedikit sekali berada pada ketebalan *mase* 4 mm dan 5 mm.

Kata kunci : *mase*, keramik, cacat retak, *alumina*.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada masa sekarang perkembangan keramik di Indonesia khususnya sebagai barang seni cukup baik, kompetitif untuk bersaing dengan bahan-bahan lainnya karena mempunyai beberapa kelebihan antara lain keras dan kuat. Sinergi dengan berkembangnya barang-barang seni, ukuran keramik juga cenderung dibuat tebal dan tipis sesuai dengan kebutuhannya. Disamping itu kebutuhan peralatan makan dan minum yang khas (bukan produksi masal) banyak dipakai untuk memenuhi kebutuhan hotel dan restoran (Komang N, 2005).

Penggunaan bahan keramik tradisional sedang meningkat pesat, terbukti dengan adanya pertambahan para pengusaha kerajinan keramik serta banyaknya penjualan bahan keramik. Hal ini didasarkan pada tingkat permintaan masyarakat yang terus tumbuh. Karena setiap rumah maupun perkantoran yang ada di Indonesia tidak mungkin tidak ada yang membeli keramik, walaupun hanya 1 atau 2 buah benda saja. Setiap tahun industri keramik dapat memberikan kontribusi Rp 7-11 triliun pada penerimaan Negara (Ahmad Wijaya, 2006).

Salah satu sebab mengapa pembuatan keramik hidup langgeng untuk sekian lama, karena benda tersebut merupakan kerajinan yang sederhana dan mempunyai kegunaan dalam arti pakai yang memberikan kepuasan kepada pembuatnya dan pelayanan pada pemakai. Selama berabad-abad keramik telah terbukti merupakan suatu barang yang indah (Astuti, 1997:1). Keramik yang banyak digunakan adalah jenis keramik putih dan biasanya berbentuk seperti vas bunga, peralatan makan, asbak, dan perabotan rumah tangga (Surdia, 1984:327).

Berbagai dekorasi seperti jambangan bunga, asbak, sebagai hiasan rumah dan berbagai jenis perabotan rumah tangga adalah salah satu bentuk keramik yang biasa kita kenal. Padahal, pengertian keramik sangat luas sekali yaitu semua benda-benda yang terbuat dari tanah liat atau lempung yang mengalami suatu proses pengerasan dengan pembakaran suhu tinggi (Astuti, 1997:3).

Pada umumnya keramik memiliki sifat-sifat yang baik yaitu keras, kuat dan tahan temperatur tinggi, tetapi keramik juga memiliki kelemahan yaitu bersifat getas dan mudah patah (Surdia, 1984:301). Kualitas keramik diantaranya ditentukan oleh komposisi bahan baku *mase*, ukuran butiran, temperatur pembakarannya, dan lain lain.

Bahan baku utama dari *mase keramik* adalah kaolin/lempung, *feldspar* dan kwarsa/pasir (Astuti,1997:13) Bahan baku yang terpenting adalah tanah liat (*clay*) karena bahan ini mengandung sifat plastis, mempunyai daya ikat pada bahan non plastis dan tanpa meleleh maupun kehilangan bentuk setelah mengalami proses pembakaran pada temperatur tinggi, yaitu diatas 800⁰C (Astuti, 1997:19).

Pada pengkomposisian bahan baku utama *mase* sangat menentukan kekuatan barang-barang keramik(Komang N, 2005),. Penambahan unsur tertentu pada bahan *mase* dapat mempengaruhi kekuatan dan kekerasan produk keramik, maka untuk membuat mase dengan tebal sesuai kebutuhan diperlukan bahan tambahan *alumina* yang berfungsi mengurangi cacat retak, karena *alumina* dapat mengurangi pemuaiian saat pembakaran sehingga struktur bentuk keramik tidak berubah atau rusak setelah pembakaran (Astuti, 1997:24).

Pada skripsi ini akan memperlihatkan pengaruh variasi ketebalan *mase alumina* terhadap cacat retak, karena setiap bahan mentah dengan ukuran ketebalan tertentu dapat mempengaruhi produk keramik nantinya. Cacat retak atau bahkan sampai pecah sering terjadi pada pengkomposisian bahan baku yang kurang baik. Dengan adanya penambahan komposisi *alumina* pada variasi ketebalan *mase* diharapkan dapat mempengaruhi produk keramik tersebut, terutama mengurangi cacat yang ada seperti cacat retak (Astuti, 1997:21).

Dari analisa tersebut, penulis berharap dapat mengetahui seberapa besar pengaruh variasi ketebalan *mase alumina* terhadap kuantitas cacat retak pada produk keramik yang dihasilkan.

1.2 Rumusan Masalah

Pada skripsi ini rumusan masalah yang akan dibahas adalah :
Bagaimanakah pengaruh variasi ketebalan badan keramik *alumina (mase)* terhadap kuantitas cacat retak?

1.3 Batasan Masalah

Untuk lebih mengarahkan penelitian yang dilakukan maka ada beberapa masalah yang perlu dibatasi. Batasan masalah tersebut adalah :

1. Komposisi bahan baku utama *mase* yang digunakan adalah lempung, *feldspar*, *alumina*, dan pasir.
2. Variasi ketebalan *mase* adalah 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm, 5 mm.

3. Hanya membahas kuantitas dari cacat retak pada permukaan
4. Suhu pembakaran yang digunakan adalah sekitar 1250°C .
5. Pembakaran dilakukan dengan satu kali pembakaran.
6. Pembakaran pada spesimen dianggap merata.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang akan dicapai sehubungan dengan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi ketebalan badan keramik (*mase*) *alumina* terhadap kuantitas cacat retak pada produk keramik

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang bisa dicapai didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai bahan pertimbangan untuk dijadikan sebagai pembanding dan dasar pendekatan bagi peneliti selanjutnya terutama mengenai keramik.
2. Dapat dijadikan acuan aplikasi penambahan *alumina* pada ketebalan *mase* di industri keramik.
3. Sebagai penerapan ilmu yang didapat di dalam bangku kuliah dan menambah ilmu pengetahuan penulis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

- **Rudianto Raharjo, 2005 judul : “Pengaruh temperatur pembakaran terhadap jumlah produk keramik yang mengalami cacat retak”.** Pada penelitian ini membahas tentang pengaruh temperatur pembakaran terhadap banyaknya retak. Di dalam penelitian ini menjelaskan bahwa semakin besar temperatur pembakarannya maka cacat retak yang diperoleh semakin banyak pula.
- **Aan Julianto, 2006 judul : “Pengaruh komposisi kapur pada glasir terhadap kuantitas cacat retak pada produk porselen”.** Pada penelitian ini membahas tentang pengaruh komposisi kapur pada glasir terhadap banyaknya retak. Di dalam penelitian ini menjelaskan bahwa semakin banyak komposisi kapur pada glasir, maka cacat retak yang ditimbulkan semakin banyak.
- **Friska Wirakusuma, 2005 judul : “Pengaruh kwarsa terhadap kekuatan impact dan kekerasan keramik”.** Penelitian ini membahas pengaruh kwarsa terhadap kekuatan *impact* dan kekerasan keramik, dimana keramik ini tanpa menggunakan glasir. Pada penelitian ini penambahan kwarsa menyebabkan kekuatan *impact* dan kekerasan keramik menurun.
- **Guharyanto, 2003 judul : ”Formulasi bahan baku dan bahan tambahan dalam pembuatan badan keramik lembaran sebagai bahan bangunan”.** Penelitian ini membahas kekuatan lentur badan keramik dengan bahan tambahan *waterglass* berfungsi sebagai bahan perekat yang bekerja pada temperatur rendah.

2.2 Pengertian dan Macam Keramik

Kata keramik berasal dari istilah Yunani yaitu *keramos* yang artinya bahan yang dibakar dan tanah liat sebagai bahan utama. Pengertian keramik adalah semua benda yang terbuat dari tanah liat atau lempung yang mengalami suatu proses pengerasan dengan pembakaran suhu tinggi. Pada umumnya keramik mempunyai keunggulan yang bersifat baik yaitu : keras, kuat, tahan temperatur tinggi, dan korosi tetapi keramik juga

memiliki kelemahan yaitu bersifat getas dan mudah patah. Keramik dibedakan menjadi 2 macam yaitu :

1. Keramik Tradisional
2. Keramik Modern

2.2.1. Keramik Tradisional

Keramik tradisional yaitu keramik yang dibuat dengan menggunakan bahan alam, seperti kwarsa, kaolin, dll. Yang termasuk keramik ini adalah: barang pecah belah. Pada keramik tradisional penggunaannya didasarkan pada sifat tahan panasnya, daya hantar panas yang kecil dan kekerasan, misalnya alat-alat perlengkapan rumah tangga, vas bunga, alat-alat saniter.

2.2.2. Keramik Modern

Adalah keramik yang dibuat dengan menggunakan oksida-oksida logam atau logam, seperti: oksida logam (Al_2O_3 , ZrO_2 , MgO). Keramik ini biasa disebut dengan keramik teknik Penggunaannya didasarkan pada sifat mekanik, sifat elektrik, dan sifat *thermalnya*. Sehingga bahan dasar pada keramik teknik bersifat khusus sesuai dengan kegunaanya. Contoh keramik teknik adalah :

- Keramik elektronik yaitu keramik yang berfungsi sebagai isolator, semikonduktor dan konduktor.
- Keramik permesinan yaitu keramik yang mempunyai sifat ketahanan aus dan kekerasan yang tinggi misal sebagai lapisan rem pesawat terbang dan alat pemotong atau gerinda.

Macam-macam senyawa keramik terdiri dari :

- Senyawa oksida misal (Na_2O) Natrium oksida
- Senyawa kabida misal (SiC) Silikon karbida
- Senyawa silikat misal ($MgO \cdot SiO_2$) Magnesium silikat
- Senyawa borida misal (TiB) Titanium borida
- Senyawa hidrat misal ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) Aluminium silikat hidrat

2.3 Pengertian Tanah Liat

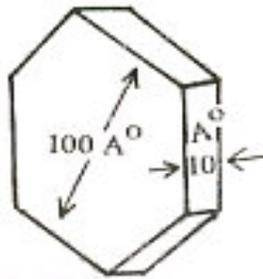
Tanah liat atau lempung adalah bahan alam yang sangat penting bagi manusia. Bagian paling luar dari lempung disebut tubuh tanah. Pada tubuh tanah ini terdapat sisa-sisa dan akar-akar dari tumbuh-tumbuhan dan bahan-bahan organik lainnya yang membusuk, sehingga memberi warna abu-abu sampai hitam pada tubuh tanah. Dalam

tanah liat alam yang paling murni pun tanah ini masih mengandung butiran-butiran bebas dari bahan-bahan yang dapat dinamakan sebagai pasir atau debu. Umumnya unsur-unsur tambahan ini terdiri dari kwarsa dalam berbagai macam-macam ukuran, *feldspar*, besi dan sebagainya. Banyaknya unsur tambahan ini bersama unsur organik lainnya menentukan sifat-sifat yang khas dari bermacam tanah liat dan penggunaannya untuk tujuan-tujuan tertentu (Astuti, 1997:15).

Sifat-sifat seperti kemungkinan mencair, warna setelah dibakar dan taraf padat dari sesuatu macam tanah liat sangat dipengaruhi oleh unsur mineral yang ada padanya. Sedangkan unsur organik biasanya membuat tanah itu plastis jika belum dibakar. Jadi semua tanah liat bagaimana pun mempunyai sifat – sifat yang khas yaitu: bila dalam keadaan basah akan mempunyai sifat plastis, bila dalam keadaan kering akan menjadi keras, sedang bila dibakar akan menjadi padat dan kuat.

Beberapa jenis tanah liat terutama yang disebut *Ball Clay* mengandung zat organik dalam bentuk *lignite* (sejenis arang batu) dan lilin. Zat-zat ini biasanya hilang dalam pembakaran, tetapi memberi pengaruh pada keplastisan dan kekuatan kering dari tanah tersebut. Tanah liat dapat terdiri dari bermacam warna, diantaranya ada yang berwarna abu-abu, kuning kecoklatan, merah, coklat, kehijauan, juga beralur marmer, terjadi dari campuran dua atau tiga warna tersebut. Dalam banyak hal, warna-warna dalam tanah alami terjadi karena adanya unsur oksida besi dan unsur organik, yang biasanya akan berwarna bakar kuning kecoklatan, coklat, merah, warna karat, atau coklat tua, tergantung dari jumlah oksida besi dan kotoran – kotoran yang terkandung. Biasanya kandungan oksida besi sekitar 2 – 5%. Tanah berwarna lebih gelap biasanya matang pada suhu yang lebih rendah, kebalikannya adalah tanah berwarna lebih terang ataupun putih (Astuti, 1997:16).

Seperti yang kita ketahui, tanah liat merupakan bahan utama untuk pembuatan keramik. Sedangkan pengertian tanah liat itu sendiri adalah suatu zat yang terbentuk dari kristal-kristal heksagonal sedemikian kecil sehingga tidak dapat dilihat walaupun telah menggunakan mikroskop optik (Astuti, 1997:13). Kristal-kristal ini terbentuk dari mineral-mineral yang disebut *kaolinite*. Bentuknya seperti lempengan kecil-kecil yang yang hampir berbentuk segi enam dengan permukaan yang datar. Bentuk kristal seperti ini menyebabkan tanah liat bila dicampur dengan air mempunyai sifat plastis, mudah dibentuk karena kristal-kristal ini tersusun di atas satu dengan yang lainnya, dan air sebagai pelumasnya.



Gambar 2.1 Partikel lempung
(Sumber : Hartomo, 1992 : 6)

2.4 Jenis-Jenis Tanah Liat

Berdasarkan tempat pengendapan, tanah liat dapat dibagi kedalam jenis-jenis berikut ini (Astuti, 1997:13) :

a. Tanah Liat Primer (Residu)

Yaitu tanah liat yang terdapat pada tempat dimana tanah liat tersebut belum berpindah tempat sejak terbentuknya atau dihasilkan dari pelapukan batuan keras yang tidak berpindah dari batuan induk. Tanah liat residu ini mempunyai sifat-sifat :

- berbutir kasar bercampur batuan asal yang belum lapuk dan
- tidak plastis (rapuh).

Contoh tanah liat residu adalah: kaolin.

b. Tanah Liat Sekunder (Endapan)

Yaitu tanah liat hasil pelapukan batuan keras yang berpindah jauh dari batuan induknya karena tenaga eksogen, dan bercampur dengan bahan-bahan organik maupun anorganik. Tanah liat ini biasa disebut batuan sedimen karena pada umumnya terbentuk dari batuan keras. Oleh karena itu tanah liat ini mempunyai sifat-sifat:

- kurang murni karena tercampur oleh unsur lain pada waktu perpindahan dari tempat asal,
- berbutir lebih halus dan plastis
- daya susut lebih besar dari tanah liat primer.

Contoh tanah endapan adalah: tanah sungai, tanah rawa, tanah danau.

2.5 Sifat-Sifat Tanah Liat

Tanah liat atau lempung mempunyai sifat fisis dan kimia yang penting untuk pembuatan keramik. Sifat-sifat itu adalah (Astuti, 1997:16):

a. Sifat Plastis

Merupakan sifat tanah liat yang mudah dibentuk, karena kandungan yang terdapat di dalamnya, yaitu ukuran butiran yang halus dan zat-zat organik seperti akar tumbuh-tumbuhan dan zat-zat yang telah membusuk lainnya yang ada dalam tanah liat tersebut, dimana sangat mempengaruhi sifat plastisnya. Salah satu tanah liat yang mudah dibentuk adalah tanah *stoneware*.

b. Sifat Porous

Merupakan sifat susut kering atau kekuatan untuk kering sehingga memungkinkan penguapan air pembentuk maupun air kimia tersebut keluar pada waktu permulaan pembakaran untuk menghindarkan terjadinya lubang-lubang kecil akibat adanya udara yang terperangkap dalam tanah liat. Misalnya tanah liat *Ball clay* yang mengandung partikel sangat halus yang menyebabkan susut kering dan kekuatan tanah tersebut sangat tinggi.

c. Sifat Menggelas

Tanah liat juga mengandung mineral-mineral lain yang dapat bertindak sebagai bahan pembentuk bahan gelas waktu dibakar. Yang dimaksud menggelas disini adalah dimana tanah liat harus menjadi padat, keras dan kuat pada suhu yang diperlukan untuk membuat keramik. Jika waktu dan suhu pembakaran bertambah, maka bagian-bagian yang mencair sedikit demi sedikit melarutkan sisa komposisi tanah liat. Penggelasan dan ikatan-ikatan unsur inilah yang memberikan sifat keras pada keramik seperti batu kepada tanah liat yang dibakar tersebut.

2.6 Macam-Macam Bahan Baku Keramik

Berdasarkan sifat-sifatnya bahan baku keramik dibedakan menjadi 2 bagian (Astuti, 1997:19).

a. Bahan baku plastis

b. Bahan baku non plastis

2.6.1 Bahan Baku Plastis

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

1. Dengan penambahan sejumlah cairan tertentu dapat menjadi plastis dan dapat mudah dibentuk
2. Tidak akan meleleh dan kehilangan bentuk setelah mengalami proses pada temperatur tinggi, yaitu diatas 800⁰C.
3. Mempunyai daya ikat untuk bahan-bahan non plastis.

Yang termasuk bahan baku plastis adalah kaolin, *ball clay* (tanah liat bola), *stoneware clay* (tanah liat benda batu), *earthenware* (tanah liat bata merah) dan *bentonite*.

a. Kaolin

Sebenarnya kaolin adalah tanah liat yang mengandung mineral *kaolinite* sebagai bagian yang terbesar, dan termasuk jenis tanah liat primer.

Sifat dan keadaan bahan :

- Berbutir kasar
- Rapuh dan tidak plastis jika dibandingkan dengan lempung sedimenter, karena itu sukar untuk dibentuk
- Warnanya putih karena kandungan besinya paling rendah

Karena jenis kaolin yang kurang plastis, maka taraf penyusutan dan kekuatan keringnya pun lebih rendah tetapi sangat tahan api, oleh karena itu tanah ini tidak dapat dipakai begitu saja untuk membuat barang-barang keramik, melainkan harus dicampur dahulu dengan bahan-bahan lainnya.

Bahan ini dipakai dalam :

- Keramik halus (gerabah putih atau *white-earthenware*) dan porselen, baik sebagai salah satu komponen dalam badan maupun glasir
- Barang-barang tahan api
- Bahan-bahan bangunan keramik seperti tegel dalam gerabah atau porselen

Di Indonesia bahan ini terdapat di beberapa tempat seperti di Jawa Barat, Jawa Timur, Sumatera, Bangka, Belitung, Kalimantan.

b. *Ball Clay* (Tanah liat bola)

Adalah tanah liat yang sangat plastis untuk pembuatan keramik. Tanah ini disebut *ball clay* karena pada mulanya tanah ini dijual dalam bentuk bola. Tanah ini termasuk tanah sekunder.

Sifat dan keadaan bahan :

- Berbutir sangat halus
- Sangat plastis
- Susut kering dan susut bakar yang tinggi
- Unsur besinya lebih tinggi dari kaolin
- Warna bakarnya abu-abu muda

Ball Clay umumnya dipakai dalam keramik putih atau keramik halus dan biasanya digunakan untuk :

- Memperoleh keplastisan hingga mempermudah pembentukan barang-barang keramik, tetapi mengurangi sifat tembus cahaya karenanya jarang dipakai untuk pembuatan *mase* porselen keras.
- Memberi kekuatan kepada barang-barang keramik sebelum dibakar, sehingga barang-barang keramik tersebut tidak mudah rusak bila diangkat-angkat atau pada saat penyusunan di dalam tungku
- Membuat *mase* tuang lebih encer, meskipun ainya tidak banyak.

Tanah ini terdapat di Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Bangka, Belitung dan juga terdapat dimana-mana (sawah, tegalan).

c. *Earthenware clay* (Tanah liat bata merah)

Yang dimaksudkan dari tanah liat ini adalah tanah liat biasa yang dipakai untuk pembuatan bata-bata bangunan dan berbagai macam gerabah lainnya. Tanah liat ini termasuk tanah sekunder dan banyak mengandung oksida besi.

Sifat dan keadaan bahan :

- Ada beberapa macam, plastis dan agak rapuh yang dikarenakan banyak mengandung pasir.
- Warna bakarnya kuning, jingga, merah, coklat sampai hitam tergantung dari tinggi suhu pembakaran dan banyaknya oksida besi.
- Warna mentahnya merah, coklat, kehijauan atau abu-abu.

d. *Stoneware clay* (Tanah liat benda batu)

Stoneware adalah keramik yang tidak termasuk gerabah, karena barang-barang gerabah menghisap air sedangkan stoneware badannya sudah rapat dan juga tidak termasuk barang porselen karena tidak tembus cahaya (*translucent*) Lempung ini tergolong lempung sedimen dan di muka bumi ini terdapat bermacam-macam tanah stoneware yang cukup mengandung feldspar yang tergabung dalam tanah plastis. Tanah ini merupakan bahan yang sangat penting untuk *mase-mase* keramik, dimana bahan ini juga dipakai tanpa campuran bahan lainnya dengan hasil yang cukup baik.

Sifat dan keadaan bahan :

- Plastis
- Pengeringannya baik
- Warna mentahnya abu-abu dan kuning.

e. *Fire Clay* (Tanah liat api)

Adalah termasuk jenis tanah sekunder, karena biasanya ditemukan di daerah lapisan batu bara.

Sifat dan keadaan bahan :

- Tanah ini sangat tahan api (*refractory*), karena itu sangat tahan erhadap suhu tinggi
- Bertekstur kasar

f. *Bentonite*

Bahan ini merupakan mineral plastis yang tinggi, dan sebenarnya bahan ini berasal dari pelapukan batu vulkanis.

Sifat dan keadaan bahan :

- Partikel-partikel tanahnya sangat halus
- Dalam komposisinya banyak mengandung *silica*

Bentonite mempunyai kemampuan yang sangat baik untuk menambah keplastisan tanah liat bila ditambahkan sebanyak 2%, dimana bahan ini menyerap air sebanyak-banyaknya sampai merupakan substansi seperti jely. Bila dipergunakan untuk campuran tanah liat yang tidak plastis, satu bagian *bentonite* biasanya sama dengan tiga bagian *ballclay*. Dalam pelaksanaannya harus dicampurkan dalam keadaan kering, sebab bila dicampur langsung air bahan ini menjadi sangat lengket.

2.6.2 Bahan Baku Non Plastik

Bahan-bahan yang akan diuraikan disini merupakan bahan-bahan non plastik yang biasa dicampurkan untuk memperoleh hasil yang memuaskan. Bahan-bahan tersebut dapat digunakan untuk pembuatan *mase*, juga dipergunakan untuk pembuatan glasir.

Bahan-bahan itu adalah :

1. *Silica*

Merupakan salah satu bahan yang penting dalam semua bahan-bahan keramik baik untuk *mase* maupun glasir. Bahan ini tersedia dari pasir *silica*, yang mengandung 99,5% *silica*, sisanya terdiri dari *calcium carbonate* atau *chrome*. Bahan ini dipakai pada keramik halus (campuran dalam bahan maupun glasir), bahan tahan api, gelas (komponen terbanyak), email.

2. *Feldspar*

Bahan ini adalah suatu kelompok mineral yang berasal dari batu karang yang ditumbuk dan dapat memberikan sampai 25% *flux* (pelebur) kepada badan keramik. Jika badan keramik dibakar, maka *feldsparnya* meleleh (melebur) dan membentuk leburan gelas yang menyebabkan partikel tanah dan bahan lainnya melekat satu sama lainnya. Jika bahan semacam gelas ini membeku, maka bahan ini memberi kekuatan dan kekukuhan pada badan keramik. Ini jelas sekali pada badan porselen, yang kelihatan seperti gelas karena banyak mengandung feldspar.

Komposisi *feldspar* juga bermacam-macam, yang banyak mengandung kalium (K_2O) dipakai untuk pembuatan *mase* keramik, sedangkan yang banyak mengandung natrium (Na_2O) dipakai pada pembuatan glasir. Glasir *feldspar* cenderung menghasilkan efek putih susu (*milky*), karena adanya gelembung-gelembung sangat halus pada badan glasir.

Sifat-sifatnya adalah :

- a. Berguna sebagai bahan pelebur.
- b. Termasuk bahan yang tidak plastik sehingga dapat mengurangi susut kering.
- c. Menurunkan temperatur bakar dari bahan-bahan lain.

3. Kapur

Bahan ini digunakan sebagai pelebur (*flux*) pada bahan keramik yang dibakar padat dan sebagai bahan untuk membuat glasir. Bahan ini banyak mengandung Ca, dimana Ca banyak digunakan dalam badan keramik karena dapat menurunkan titik leleh dari keseluruhan dan memberikan warna putih. Kapur juga digunakan

dalam campuran glasir, dimana kapur mempunyai efek mengeraskan, juga memperbesar perlawanannya terhadap asam.

4. *Talk*

Talk adalah mineral yang mengandung banyak *magnesium*, bahan ini sering digunakan untuk glasir dan badan keramik. Badan keramik yang terbuat dari bahan yang dicampur dengan talk akan lebih tahan terhadap perubahan temperatur yang kurang terkontrol.

Keuntungan dari bahan talk adalah :

- a. Mudah dijadikan bahan tuang, tetapi sukar untuk diputar
- b. Mensuplai *flux* dan *silica* untuk badan keramik putih yang dibakar pada suhu rendah

5. *Chamotte* atau *Grog*

Meskipun *chamotte* bukan tanah liat, namun perlu dimasukkan pada pengelompokan ini, karena bahan ini juga dipergunakan untuk pembuatan badan keramik. Bahan ini terbuat dari kepingan keramik yang telah dibakar pertama (*biscuit*) dan menjadi keras, kemudian ditumbuk menjadi tepung. Karena *chamotte* atau *grog* telah dibakar keras, bahan ini ditambahkan pada tanah liat dengan cara menguletnya untuk mengurangi penyusutan yang terjadi selama pembakaran. Bahan ini tidak plastis, maka dengan penambahan tanah liat yang sangat plastis dapat mencegah retak selama pengeringan atau pembakaran.

6. *Alumina*

Alumina atau oksida aluminium tidak ditemukan dalam bentuk murni, tetapi dalam kombinasi kimia dengan mineral-mineral lainnya. Didalam keramik unsur ini terdapat dalam bahan-bahan seperti *ballclay*. Peranannya dalam (*mase*) adalah mengontrol dan mengimbangi pelelehan atau mengurangi pemuaihan saat pembakaran. Secara terpisah, *alumina* tidak akan lebur sampai mencapai suhu 2.000°C. Disamping sebagai bahan yang tahan api (*refractory*), juga bisa sebagai kerangka dalam barang-barang keramik cina.

2.7 Proses Pembuatan Keramik

Pada proses pembuatan keramik, kita akan melalui beberapa tahapan yang perlu dilakukan agar dapat menghasilkan suatu produk keramik yang diinginkan. Pada setiap tahapan-tahapan diharapkan dilakukan cermat dan teliti, sehingga akan diperoleh hasil yang maksimal.

2.7.1 Pengolahan Tanah Liat

Karena hampir semua tanah dalam bentuk aslinya mengandung terlalu banyak grit (bahan yang kasar dalam bahan yang halus) yang harus dipisahkan dahulu sebelum tanah itu dipakai. Ada 2 cara penyaringan tanah yaitu :

1. Cara Kering

Jika lempungnya mengandung batuan yang berbutir kasar dan keras, maka diperlukan alat penghancur atau penggiling dan saringan untuk melumatkan dan memisahkan butiran-butiran yang kasar dari yang halus. Lempung kering yang sudah digiling dan diayak dengan halus tadi kemudian dicampur air secukupnya hingga didapatkan adonan lempung yang cukup plastis.

2. Cara Basah

Pemisahan kotoran-kotoran tanah ini dilakukan dengan pencucian tanah dengan air. Prosesnya adalah tanah dicampur dengan air, dimana akan membentuk suatu suspensi yang cair dalam bak-bak pengaduk [seperti pada gambar 2.2 (a)], kemudian suspensi tanah dalam air tersebut disaring [gambar 2.2 (b)], dibiarkan mengendap dalam suatu tempat pengendapan. Kotoran-kotoran halus yang dapat melalui ayakan akan terendapkan, sedangkan bahan sangat halus yang masih belum mengendap disaring kembali serta akhirnya dikeringkan.

Jika akan digunakan untuk pembentukan, lempung kering yang telah disaring halus tersebut kemudian dicampur dengan air secukupnya sehingga diperoleh adonan tanah yang cukup plastis. Sebelum mulai dengan proses pembentukan, tanah liat plastis tadi harus homogen dengan cara diaduk terlebih dahulu.



(a)



(b)

Gambar 2.2 Penyaringan adonan bahan *mase*

2.7.2 Pembentukan

Pada dasarnya teknik pembentukan keramik dibagi menjadi 2 golongan besar, yaitu teknik pembentukan dengan tangan yang berbahan dasar lempung (tanah liat) basah, dan teknik pembentukan dengan mesin yang berbahan dasar lempung kering dan lempung basah. Pada proses pembentukan keramik bahan baku yang telah menjadi adonan dibentuk menjadi benda-benda keramik. Dalam pembentukannya biasanya dari adonan yang plastis, atau berupa cairan, dapat pula berupa tepung atau gumpalan keras.

Dilihat dari bentuk bahan baku, maka dapat dibuat keramik dengan cara-cara pembuatan seperti berikut, yaitu:

1. Tanah liat plastis

a. Dibentuk dengan tangan

Untuk mengerjakan atau membentuk dengan tangan, tanah liat harus cukup plastis, tidak terlalu cair atau terlalu kering. Ada beberapa cara, yaitu :

- Dipijit (*pinch*) : tanah liat ditekan atau dipijit diantara jari-jari tangan sampai dibentuk menjadi benda yang dikehendaki.
- Dipilin (*coil*) : tanah liat dipilin dengan jari tangan, sehingga membentuk seperti silindris dengan besar diameter dan panjang sesuai dengan yang dikehendaki.

b. Dibentuk dengan putaran

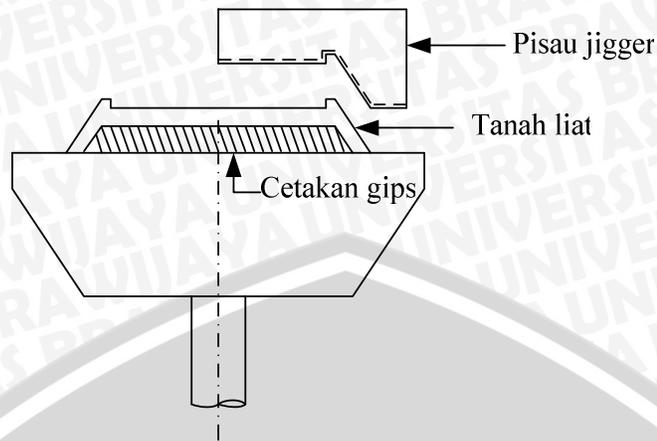
Ada beberapa cara pengerjaan jika menggunakan teknik putaran, yaitu :

- Dibentuk dengan alat putar tangan

Tanah liat plastis berbentuk bola diletakkan dibagian tengah suatu meja putaran. Ketika diputar, bola tanah liat ditekan sedemikian rupa sampai terbentuk lubang pada tanah liat tersebut. Kemudian menarik dinding tanah liat tersebut ke atas sehingga terbentuk benda yang diinginkan.

- Dibentuk dengan alat jigger

Pembentukan bila bahan baku yang sudah menjadi *slip* dalam keadaan plastis, biasanya dilakukan dengan cara *jigger* serta ditekan. Pembentukan dengan mesin *jigger* seperti ditunjukkan pada gambar 2.3 adalah pembentukan dengan putaran. Prinsip kerjanya hampir sama dengan meja putar, bedanya hanya pada *jigger* sebuah permukaannya dibentuk dengan cetakan gips, sedang permukaan lainnya dibentuk dengan mal logam atau pisau *jigger*.



Gambar 2.3 Bagan piranti jigger
(Sumber : Hartomo, 1992 ; 25)

c. Dibentuk dengan ditekan (pres)

Tanah liat harus lebih keras karena benda keramik dibuat dengan ditekan melalui cetakan-cetakan dari baja, setelah itu dipotong menurut panjang yang dikehendaki. Contoh: genteng atap.

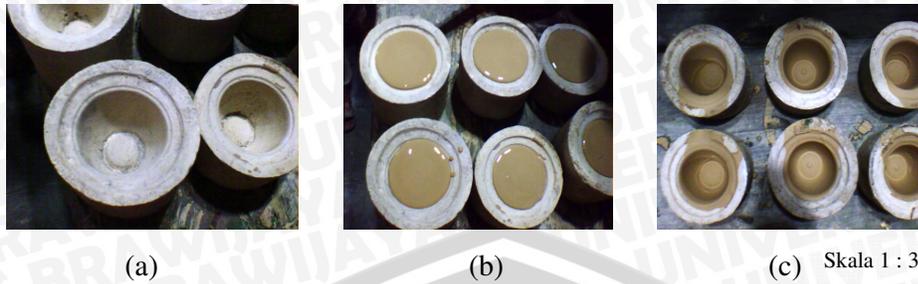
d. Dibentuk dengan dicetak

Tanah liat harus lumat atau halus karena benda-benda keramik dibuat dengan cara menekankan tanah liat pada cetakan *gips* dengan tangan atau mesin. Contoh : jubin, pegangan cangkir, piring dan sebagainya.

2. Tanah liat berupa larutan

Pembentukan ini dilakukan dengan cara membuat cetakan terlebih dahulu [Gambar 2.4 (a)]. Prinsipnya adalah *slip* (larutan lempung yang tidak terlalu cair) dituang dalam cetakan gips [Gambar 2.4 (b)]. Karena cetakan ini menyerap air, maka pada permukaan cetakan ini akan terbentuk kulit tanah. Jika kulit tanah sudah cukup tebalnya, maka kelebihannya dituang kembali dan kulit yang tertinggal dibiarkan mengering dan menyusut [Gambar 2.4 (c)]. Setelah menyusut maka benda akan terlepas dengan sendirinya. Setelah benda dikeluarkan dan diselesaikan (*finishing*) maka benda tersebut dikeringkan. Cara ini disebut cetak tuang. Dalam proses mencetak umumnya sangat diperlukan larutan tanah encer tetapi tidak banyak mengandung air.

Contoh : gelas, vas, keramik saniter dan lain-lain



Gambar 2.4 Cetakan *mase* keramik

3. Tanah liat berupa tepung

Tanah liat berupa tepung dan hanya mengandung cairan 10-20% saja, cukup dengan tekanan untuk menjadi padat. Ini adalah yang disebut tekanan kering (*dry pressing*).

4. Tanah liat kering dan padat

Lempung yang digunakan berupa gumpalan dalam keadaan kering atau hampir kering. Cara membuatnya dengan diputar.

2.7.3 Pengeringan

Benda-benda yang akan dibakar harus dikeringkan terlebih dahulu, karena jika masih basah akan terjadi ledakan uap air pada waktu dibakar. Proses pengeringan dilakukan untuk mengurangi kadar air yang ada pada keramik. Mengeringkan badan keramik berarti mengurangi apa yang disebut air pembentuknya saja, sedangkan air yang terikat dalam molekul bahan atau tanah liat (air kimia) hanya bisa dihilangkan dengan proses pembakaran. Proses pengeringan biasanya diikuti dengan proses penyusutan.

Bahan-bahan plastis biasanya lebih banyak menyusut dibandingkan tanah liat yang rapuh (berbutir kasar) atau non plastis. Hal tersebut dikarenakan :

- Dalam tanah liat plastis air tidak dapat dengan mudah keluar melalui pori-pori, karena butir-butir tanah sangat halus. Juga tanah liat yang plastis dan lengket lebih tahan tekan dan sentuh dalam proses pengeringannya, tetapi banyak menyusut dan mudah meleot.
- Jika tanah tidak begitu plastis dan mengandung partikel-partikel yang lebih besar dan kasar, pengeringannya akan lebih mudah, sebab air dapat keluar dengan mudah pula melalui pori-pori, tetapi tanah ini tidak banyak menyusut, dapat kering dengan merata tanpa meleot dan karena rapuh maka kurang dapat menahan tekanan.

Penyusutan ini disebabkan karena kehilangan kandungan airnya setelah proses pengeringan berakhir karena itu bentuk bendanya akan menjadi lebih kecil daripada ukuran semula.

Tujuan dari pengeringan yaitu :

1. Mengurangi kadar air yang berlebihan, yang menimbulkan kesukaran dalam pembakaran.
2. Memberikan kekuatan pada keramik mentah yang akan dibakar, sehingga dapat disusun dalam tungku.

Beberapa cara pengeringan yang baik antara lain adalah :

1. Diangin-anginkan
Cara ini dilakukan pada udara terbuka, tidak sampai terkena sinar matahari langsung, kecuali jika sudah hampir kering benar; baik juga ditempatkan pada rak-rak pengering di dalam suatu ruangan yang menggunakan atap transparan dan tembus sinar dari luar sehingga tidak perlu menjemur.
2. Dipanaskan
Keramik-keramik tersebut dimasukkan ke dalam lemari yang dipanasi sehingga kelembaban dari *greenware* (benda keramik yang belum dibakar) hilang atau lenyap. Lemari tersebut harus berlubang dari bawah untuk melenyapkan uap air dan berlubang pula di atasnya untuk melenyapkan udara keluar.
3. Dibungkus dengan lap
Membungkus bagian-bagian benda dengan lap yang agak basah terutama bila benda mempunyai bagian-bagian yang tebal dan bagian yang tipis. Pada bagian bawah benda diberi kayu-kayu penyangga agar supaya aliran udara dari bawah dapat mengeringkan bagian bawah benda keramik tersebut.

Kerusakan-kerusakan yang terjadi pada waktu pengeringan :

1. Perubahan bentuk

Terjadi selama tanah masih dalam keadaan plastis, disebabkan pencampuran badannya tidak homogen sehingga masih ada salah satu bagian yang persentase airnya lebih besar dari bagian yang lain, hal tersebut menyebabkan perubahan bentuk atau sering disebut penyusutan. Penyusutan tersebut disebabkan air pembentuk yang terkandung di dalamnya menguap keluar dari badan (*mase*) keramik sehingga *mase* yang sebelumnya masih mengandung air menjadi kering dan bentuknya berubah dari bentuk semula.

2. Retak-retak

Sebab-sebab terjadinya retak hampir sama dengan sebab perubahan bentuk. Jika tegangan yang terjadi dalam badan itu terlalu besar maka barangnya (keramik) akan retak. Retak ini juga disebabkan karena adanya perbedaan penyusutan pada bagian-bagian benda. Bila pada waktu pengeringan retak-retak itu telah kelihatan kemudian bendanya dibakar maka akan terjadi bahwa retak-retak itu akan bertambah besar atau melebar.

Kemungkinan lain dapat pula terjadi bahwa benda-benda keramik yang belum retak pada waktu pengeringan, setelah dibakar dapat terjadi retak-retak disebabkan adanya penambahan tegangan-tegangan selama pembakaran. Untuk mencegah retaknya barang-barang keramik yang telah dikeringkan, proses pengeringan harus berjalan seimbang dan perlahan-lahan.

2.7.4 Penyusunan Barang Dalam Tungku

Benda-benda keramik yang telah kering, tidak berubah bentuk ataupun retak-retak kemudian diselesaikan (*finishing*) yaitu digosok dengan kertas gosok (ampelas), setelah itu disiapkan untuk disusun di dalam tungku dan selanjutnya dibakar. Menyusun barang-barang keramik dalam tungku adalah sangat penting. Penempatan yang baik dan tepat akan mengurangi (menghindarkan) perubahan bentuk dan retak-retak karena pembakaran.

Pada prinsipnya dalam pembakaran barang-barang keramik barang-barangnya ditempatkan di dalam wadah yang disebut kapsel agar benda yang dibakar tidak terkena api secara langsung. Ada kalanya tidak digunakan kapsel, tetapi benda-benda tersebut disusun di atas plat-plat bata api atau hanya ditumpuk saja. Kapsel yang telah di isi tadi lalu disusun dalam tungku dan setelah selesai penyusunannya pintu tungku ditutup, akhirnya dibakar.

Perlu diperhatikan urutan pengerjaan penyusunan dan cara-cara penyusunan yang baik berikut ini:

1. Tungku dibersihkan dahulu (jika ada debu atau bekas-bekas pecahan gelasir).
2. Barang-barang keramik yang akan dibakar dikumpulkan dan disortir menurut besar dan tinggi barang.
3. Bila menggunakan plat-plat bata api perlu dipersiapkan dahulu ukurannya sesuai dengan kebutuhan ruang untuk barang-barang keramik yang telah disortir. Dalam hal tersebut perlu diperhatikan pula *spy hole* (lubang pengintaian) untuk melihat *cone* (pancang suhu).

4. Diusahakan supaya barang-barang keramik terbesar ditempatkan di bagian belakang.
5. Bila mungkin barang yang satu dimasukkan ke barang yang lain untuk menghemat ruang, terutama bila barang-barang keramik itu terbuat dari tanah yang sama.
6. Cangkir dan pisin dapat dibakar bersama, cangkir dengan cangkir ditangkupkan, tutup juga dapat dibakar bersama tetapi penempatannya dibalikkan.
7. Jika membakar bentuk-bentuk lempengan/jubin, penyusunannya tidak terlalu padat, bisa ditumpuk-tumpuk atau dijajarkan.
8. Jika membakar barang-barang keramik yang dibuat dari tanah yang berlainan bersama-sama misalnya barang keramik dari tanah merah dan barang keramik dari tanah putih diusahakan ada jarak 1-1,5 cm dari kedua macam barang tersebut.
9. Setelah penyusunan barang-barang keramik selesai pintu kemudian ditutup rapat dan disemen dengan tanah liat yang dicampur *chamotte* (untuk penggunaan tungku listrik tidak perlu menggunakan semen).

2.7.5 Pembakaran

Pembakaran sebenarnya ada dua macam, yaitu *single firing* dan *double firing*. *Single firing* adalah pembakaran satu kali, dimana pembakaran badan dan glasir terjadi dalam satu kali pembakaran. Sedangkan *double firing* adalah pembakaran menjadi dua tahap, pembakaran *biscuit* terlebih dahulu kemudian diikuti pembakaran glasir. Urutan proses pembakaran *double firing*, yaitu:

1. Pembakaran *biscuit*

Pada hal tersebut pembakaran *biscuit* sama halnya dengan pembakaran makanan *biscuit*. Sedangkan pengertian pembakaran *biscuit* disini adalah bahan keramik yang dibakar pertama kali dengan suhu bakar dibawah 1.000°C , dimana bahan tersebut menjadi keras, kuat, tidak hancur oleh air dan juga dapat menghasilkan warna.

2. Pembakaran glasir

Yaitu bahan keramik bakar *biscuit* yang dilapisi dengan bahan glasir dan dibakar pada suhu yang dibutuhkan untuk mematangkan bahan glasirnya, sehingga bahan tersebut tidak tembus air.

Tahap-tahap yang terjadi dalam berlangsungnya proses pembakaran adalah :

- a. Tahap menghilangkan uap

Suhu yang diperlukan dalam tahap ini adalah suhu kamar sampai dengan 500°C , dimana tahap ini air yang terikat pada molekul tanah liat menguap.

Pembakaran pada tahap ini dilakukan secara perlahan-lahan terutama jika barang berukuran besar, dimaksudkan agar uap air tidak dapat keluar segera dari pori-pori sehingga tidak menimbulkan letusan. Kemudian setelah air habis mulai pembakaran dari zat organik dan karbon.

Sekitar suhu 350°C sampai 400°C zat-zat organik dan unsur karbon tersebut terbakar habis dan dilanjutkan dengan tahap awal penggelasan.

b. Tahap penggelasan dan pengerasan

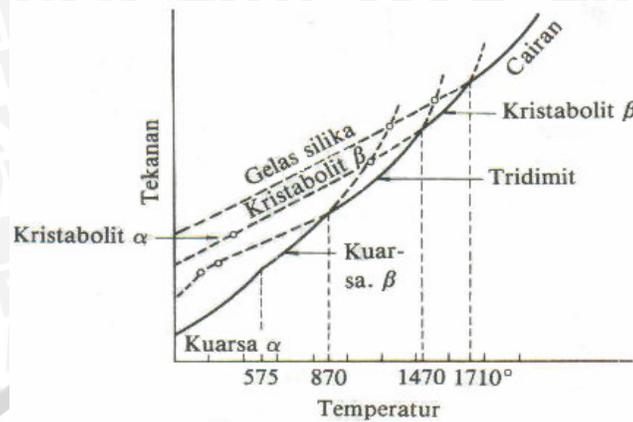
Pada umumnya pada tahap ini pembakaran lebih cepat tetapi jika tanahnya mengandung *silica* dalam bentuk pasir atau *flint* pembakarannya harus diperlambat. Sebab dalam fase pembakaran, struktur hablur (kristal) *silica* akan berganti-ganti pada temperatur tertentu. Oleh karena itu pembakaran tidak boleh terlalu cepat terutama untuk benda-benda besar dan mengandung banyak *silica*, karena dimungkinkan akan terjadi tekanan padanya sehingga mungkin pecah pada pergantian volume tadi.



Gambar 2.5 Tungku Pembakaran keramik

c. Tahap pendinginan

Dalam tahap pendinginan keramik umumnya telah matang. Jika penurunan suhu pembakaran telah mencapai sekitar 800°C , maka suluh pembakar harus dipadamkan dan tungku dibiarkan sampai dingin, dan sebaiknya tungku jangan langsung dibuka. Hal tersebut juga perlu dilakukan jika benda yang dibakar mengandung banyak *silica* dan dalam jumlah banyak. Bila suhu dalam tahap pendinginan telah menurun sampai 573°C , maka akan terjadi lagi pergantian struktur kristal *silica* (Astuti, 1997:60).



Gambar 2.6 Diagram Fasa Silica
(Sumber : Surdia, 2000:62)

2.8 Tungku Industri Keramik

2.8.1 Macam-Macam Tungku Untuk Industri Keramik

Yang paling menentukan dalam pembuatan barang-barang keramik adalah pembakaran sebagai proses akhir dari pembuatan barang-barang keramik. Sehingga perlu diperhatikan pemakaian tungku yang tepat untuk proses pembakaran. Tungku yang dipakai dalam industri keramik ada bermacam-macam dan penggolongannya pun bermacam-macam pula (Astuti,1997:77).

a. Menurut bahan bakarnya

- Tungku gas
- Tungku padat
- Tungku minyak
- Tungku listrik

b. Menurut jalannya api

- tungku api berbalik
- tungku api naik
- tungku api mendatar
- tungku ladang
- tungku bak
- tungku terowongan/tungku terus menerus

- c. Menurut bentuknya
- tungku lingkaran
 - tungku persegi

Berikut ini akan diuraikan penjelasan dari sebagian tungku-tungku yang ada:

a. Tungku api berbalik

Tungku dapat berbentuk lingkaran atau persegi panjang. Pada tungku ini gas-gas hasil pembakaran mula-mula naik kebagian atas ruang bakar, kemudian turun memanas barang-barang keramik yang dibakar dan keluar melalui lubang-lubang pada lantai tungku ke cerobong asap melalui kanal.



Gambar 2.7 Tungku Tempat Pembakaran Keramik

b. Tungku api mendatar

Ruang pembakaran tungku ini panjang, tempat api ada pada bagian yang sempit dari tungkunya. Api melewati jembatan api (dinding yang berlubang) dan masuk ke dalam ruang bakar keramik. Gas-gas hasil pembakaran dengan arah mendatar melalui ruang bakar dan menuju ke kanal-kanal gas yang berhubungan dengan cerobong.

c. Tungku ladang

Tungku yang penyusunannya dari barang-barang mentahnya dapat dikerjakan langsung diatas tanah pada udara terbuka atau dibawah atap. Tungku semacam ini dapat dilihat pada pembakaran bata-bata bangunan. Pada pembakaran biasanya tidak digunakan alat petolongan untuk mengukur kecepatan kenaikan suhu dan akhir pembakarannya.

d. Tungku bak

Disebut tungku bak karena bentuknya yang menyerupai bak, pada bagian bawahnya terdapat lubang-lubang. Barang-barang keramik yang akan dibakar disusun diatas lantai, sehingga diantara barang-barang keramik yang dibakar ada sela-sela (ruang kosong). Tungku ini biasa digunakan untuk pembakaran barang-barang gerabah seperti bata dan barang pecah belah.

e. Tungku terowongan

Tungku semacam ini merupakan terowongan yang mempunyai bagian yang panas ditengah-tengahnya. Barang-barang keramik yang dibakar dimasukkan ke dalam lori yang bergerak maju perlahan-lahan melalui terowongan. Semakin dekat lori ke bagian tungku yang panas, suhu semakin meningkat. Setelah bagian panas dilalui, suhu mulai menurun dan barang-barang keramik menjadi dingin setelah keluar di ujung terowongan.

Syarat-syarat tungku yang baik adalah diantaranya :

- Suhu yang diperlukan dicapai dengan mudah dan merata disemua bagian tungku.
- Bahan bakar yang diperlukan tidak melebihi menurut teori.
- Barang-barang keramik mudah dipasang dan dibongkar.
- Tidak mudah rusak.

2.8.2 Alat-alat perlengkapan tungku

Yang termasuk perlengkapan tungku adalah segala peralatan yang diperlukan untuk pembakaran benda keramik diantaranya

- a. Saggars atau kapsel yaitu kotak-kotak bata tahan api untuk menaruh benda keramik supaya tidak kena langsung terkena api. Kapsel ini biasanya dipakai pada tungku terbuka.
- b. Plat atau jubin bata api yang berfungsi sebagai penyangga benda-benda keramik yang dibakar. Supaya plat itu tidak terkena gelasir biasanya digunakan pelapis yang disebut *klin wash* terbuat dari *kaolin* dan *kwarsa*.
- c. Tiang penyangga yang dibuat dari bata api dengan ukuran bermacam-macam sehingga dapat disesuaikan dengan benda keramik yang akan dibakar.
- d. Kaki atau *foot-stuck* yaitu kerucut-kerucut kecil dari bata api untuk benda-benda yang digelasir supaya tidak lengket pada plat.

- e. *Pyrometer* dan *pyrometer cones* (pancang suhu). Pengukur-pengukur suhu didalam tungku yang digunakan mengontrol suhu yang telah dicapai selama pembakaran.

2.9 Glasir

Glasir adalah suatu macam bahan gelas khusus yang diformulasikan secara kimia, agar melekat pada permukaan tanah liat, atau melebur ke dalam badan keramik pada saat dibakar (Astuti, 1997:91). Bahan-bahan dasar glasir adalah : *silica*, fluk-fluk (oksida-oksida dasar), substansi-substansi yang memberi badan pada glasir, seperti *feldspar* dan tanah liat, komponen-komponen tahan api yang memberi kekuatan dan kekerasan, dan frit-frit untuk pelebur (*fluxing*) dan mewarnai.

2.9.1 Bahan-Bahan Mentah Pembuatan Glasir

Untuk membuat glasir pada proses pembuatan keramik dipakai sejumlah bahan mentah yang dapat dicampurkan antara satu dengan yang lainnya, beberapa diantaranya adalah *silica*, *feldspar*, *alumina*, kapur dan *frit*.

1. *Silica*

Adalah komponen praktis ada pada setiap jenis glasir. Sumber *silica* untuk glasir biasanya adalah *flint* (kwarsa), tetapi ada pula beberapa komposisi glasir yang memperoleh *silica* dari bahan *feldspar*.

2. *Feldspar*

Kedua oksida ini banyak dipakai sebagai bahan pelebur untuk keramik putih. Yang lebih umum dipakai adalah K_2O , karena K_2O (potas) menghasilkan glasir yang lebih mengkilap daripada Na_2O (soda).

3. Kapur

Adalah bahan pelebur untuk glasir yang dibakar pada temperatur sedang dan tinggi. Kapur juga membantu pelengketan glasir pada badan dan bereaksi baik dengan badan maupun dengan glasir. CaO diperoleh dari *calcium carbonat* atau dari batu gamping. Jika kandungan kapur yang dicampur pada glasir terlalu banyak maka dapat menyebabkan *devitrifikasi* (pembentukan kristal kembali) pada keramik dan menjadi *matt* (tidak mengkilap).

4. *Alumina*

Alumina dapat diperoleh dari *feldspar*, tanah atau batuan lainnya. *Alumina* dapat mengurangi pemuaihan, meningkatkan kekuatan, dan menambah kekerasan serta kilap.

5. *Frit*

Jika suatu bentuk tertentu dari *lead* (Pb), soda, atau potas, mempunyai titik lebur yang rendah atau mudah larut dalam air. Bahan ini dapat distabilkan dengan *silica* dan sedikit mineral lainnya untuk dibuat *frit*. Cairan bahan yang lebur dari ramuan ini langsung ditampung dalam air, ramuan yang menjadi rapuh tersebut digiling halus untuk digunakan sebagai sumber *flux* yang utama dalam glasir.

2.9.2 Cara Pengglasiran

Adapun cara-cara pengglasiran yang dapat digunakan untuk melakukan pengglasiran pada barang keramik yang belum dibakar, yaitu sebagai berikut :

1. Dengan sikat (kwas)

Glasir dipulaskan pada badan keramik dengan menggunakan kwas atau sikat seperti pada proses pengecatan, tetapi karena badan keramik menghisap air maka pemulasan harus dilakukan secara cepat dan dikerjakan berulang-ulang. Pengglasiran cara ini banyak digunakan untuk mengglasir benda-benda percobaan.

2. Dengan pencelupan

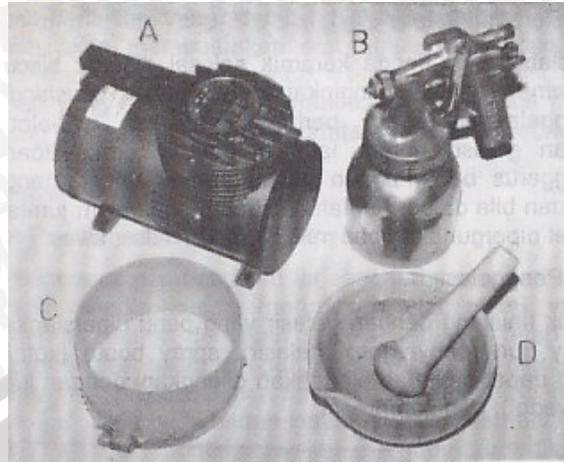
Proses ini memerlukan pengglasiran yang merata tebal tipisnya dengan cepat, yang dilakukan dengan mencelupkan barang-barang pada slip (larutan kental) glasir.

3. Dengan penuangan

Dalam proses ini glasir yang dibutuhkan lebih sedikit daripada proses pencelupan, tetapi pelaksanaannya lebih lambat. Cara ini hanya dipakai untuk mengglasir barang-barang keramik pada bagian dalamnya saja yang sukar dicapai dengan jalan lainnya.

4. Dengan penyemprotan

Proses ini digunakan untuk mengglasir barang-barang yang besar yang sukar dikerjakan dengan cara lain dan untuk mengglasir barang-barang yang telah didekorasi. Prinsipnya ialah slip glasir disemprotkan pada badan keramik dengan alat penyemprot yang disebut *spray-gun*.



Gambar 2.8 : Alat-alat pengglasiran. (A. mesin kompresor mini; B. spray gun; C. saringan / ayakan; D. mortar penggerus untuk menggerus bahan glasir)
(Sumber : Astuti, 1997:8)

2.9.3 Macam-Macam Glasir

Adapun beberapa macam glasir yang perlu diketahui untuk kelengkapan dalam pembuatan keramik, diantaranya (Astuti, 1997;137) :

1. Glasir suhu rendah

Glasir-glasir suhu rendah dapat dikelompokkan kedalam 2 golongan yang berbeda, berdasarkan besarnya jumlah *flux* yang ada di dalam glasirnya.

- a. Glasir timbal (*lead*) merupakan kelompok terbesar, yang dibakar dari suhu 790°C sampai 1.120°C . Glasir ini banyak mengandung banyak *flux* seperti *lead carbonate* dan *red lead*. Semuanya merupakan *flux* yang aktif, dan melebur pada suhu 510°C , mengalir merata dan memberikan permukaan yang cerah dan mengkilat. Glasir timbal ini beracun, oleh karena itu jika akan diterapkan pada alat makan atau minum harus dibakar terlebih dahulu.
- b. Glasir *alkaline*, juga dibakar pada suhu yang sama seperti glasir timbal, dan mempergunakan *flux alkaline* seperti borax, *colemantite*, atau abu soda. Glasir ini pelarutannya tinggi, dan cenderung untuk menggumpal dalam larutannya, sebaiknya *flux alkaline* tidak diterapkan pada barang mentah dan harus dibakar.

2. Glasir suhu tinggi

Glasir-glasir dalam kelompok ini biasanya dibakar pada suhu 1.200°C sampai 1.370°C . Glasir *stoneware* dan porselen termasuk kelompok ini. Karena feldspar merupakan jumlah terbanyak dalam kelompok ini, maka glasir *stoneware* sering

disebut glasir feldspar. Glasir-glasir ini sangat keras dan tahan terhadap asam. Permukaannya dapat *matt* atau halus.

3. Glasir abu

Glasir ini mungkin glasir pertama yang digunakan pengeramik. Abu dapat diperoleh dari kayu, rumput, atau jerami. Biasanya banyak mengandung *silica*, beberapa *alumina* dan *calcium*, *flux* seperti potas, soda, dan *magnesium*. Karena tingginya kandungan *silica* maka abu jarang dapat digunakan dalam glasir suhu rendah.

4. Glasir frit

Mengefrit adalah suatu proses mengubah bahan-bahan mentah glasir menjadi tidak beracun. Timbal atau *flux alkaline* (borax) dilebur dalam tungku frit dengan *silica*, atau *silica* dan sejumlah kecil *alumina*. Kemudian leburan tersebut ditampung ke dalam wadah berisi air. Frit yang menjadi rapuh itu kemudian digerus sampai halus. Glasir ini biasanya tidak berwarna, dan kemampuan frit untuk melekat rendah.

2.9.4 Cara Pencampuran Glasir

Mencampur glasir perlu penimbangan ukuran yang akurat dan penyaringan yang baik. Cara mencampur dapat dilakukan secara sederhana dengan tangan atau dengan menggunakan mesin penggiling atau pemutar *ball-mill*.

a. Mencampur dengan tangan

Masing-masing bahan ditimbang sesuai dengan persentasenya, kemudian dimasukkan dalam wadah. Dalam melakukan ini sebaiknya mempergunakan masker untuk menghindari penghisapan debu glasir yang halus. Kemudian tuangkan air hingga merupakan adonan yang tidak terlalu cair. Aduk dengan tangan, pecahkan gumpalan-gumpalan tepungnya diantara jari-jari tangan. Saring dengan saringan 60 mesh, atau 120 mesh untuk adonan yang halus.

Untuk mencampur bahan-bahan glasir dalam jumlah yang sedikit, dapat dipakai mortar.

b. Memutar dengan *ball-mill*

Bahan glasir yang telah ditimbang, dipersiapkan untuk dicampur dengan air sehingga menjadi adonan yang cukup kental. Mencampur dan menggiling dapat dilakukan pada *ball-mill*, yaitu tabung tertutup yang dapat berputar, 1/3 tabung diisi oleh batu-batu kecil berbentuk bulat yang dibuat dari bahan *flint* (sejenis pasir kwarsa). Bahan glasir dan air yang cukup dimasukkan di

dalamnya dan ditutup rapat. Kemudian tabung diletakkan pada alat yang dapat berputar, dan menggiling bahan glasir itu selama setengah jam. Untuk mendapatkan hasil gilingan yang baik, kecepatan mesin penggiling itu harus diatur. Penggilingan *ball-mill* tidak hanya berfungsi untuk mencampur glasir saja tetapi juga dapat menggiling butiran kasar menjadi butiran yang lebih halus. *Ball-mill* juga dapat digunakan untuk menggiling dan mencampur glasir dalam keadaan kering.

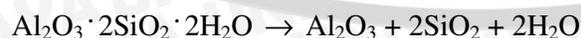
2.10 Konversi Kimia Keramik

Semua produk keramik dibuat dengan mencampurkan berbagai bahan baku yang ada, kemudian dipanaskan suhu pembakaran. Suhu yang terjadi sekitar 700°C untuk beberapa jenis glasir, tetapi banyak pula *vitriifikasi* (pembentukan cairan kaca) yang dilakukan pada suhu setinggi 2000°C . pada suhu *vitriifikasi* terjadi beberapa reaksi, yang merupakan dasar kimia bagi konversi kimia (Austin, 1996:157).

- 1) Dehidrasi (penguapan air kimia) pada suhu 150°C sampai 650°C .
- 2) Kalsinasi, misalnya CaCO_3 pada suhu 600°C sampai 900°C .
- 3) Oksidasi besi fero dan bahan organik pada suhu 350°C sampai 900°C .
- 4) Pembentukan *silica* pada suhu 900°C atau lebih.

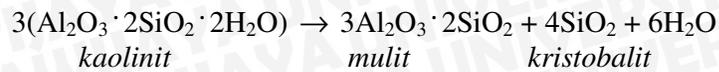
Produk keramik hampir semuanya mempunyai sifat *refraktori* (tahan terhadap panas), dan tingkat *kerefraktorian* dari suatu produk tertentu tergantung pada perbandingan kuantitas oksida *refraktori* terhadap oksida *flux* di dalamnya (Austin, 1996:157). Oksida *refraktori* yang terpenting adalah SiO_2 , Al_2O_3 , CaO dan MgO . Oksida *flux* yang terpenting adalah Na_2O , K_2O , B_2O_3 dan SnO_2 .

Bahan umum dalam semua produk keramik adalah tanah liat (*kaolinit*), dan arena itu reaksi kimia yang berlangsung pada pemanasan tanah liat sangat penting artinya. Efek yang terjadi dari pemanasan adalah mendorong air hidrasi keluar, inui terjadi pada suhu 600°C sampai 650°C dengan menyerap sejumlah kalor. Efek lain yang terjadi adalah meninggalkan suatu campuran amorf *alumina* dan *silica*, seperti terlihat dari penelitian dengan sinar-X (Austin, 1993:158).



Bahkan, sebagian besar *alumina* dapat diekstrasi dengan asam klorida pada tahap ini. Jika pemanasan dilanjutkan, *alumina* amorf tersebut berubah dengan cepat pada suhu 940°C menjadi *alumina* kristal, yaitu γ -*alumina*, dengan mengeluarkan sejumlah besar kalor. Pada suhu yang sedikit lebih tinggi, sekitar 1000°C , *alumina* dan *silica* bergabung

membentuk *mulit* ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) (Austin, 1996:158). Pada suhu yang lebih tinggi lagi, *silica* yang tersisa berubah menjadi *kristobalit* kristal. Jadi keseluruhan reaksi dasar yang terjadi pada pemanasan tanah liat adalah :



2.11 Pengerasan keramik

Mekanisme pengerasan pada keramik terjadi saat pembakaran sampai dengan pendinginan yaitu tahap penghilangan uap air terikat karena pada molekul tanah liat (air kimia) hanya dapat dihilangkan dengan cara dibakar yang dilakukan secara perlahan-lahan. Hal tersebut dimaksudkan agar air dapat diuapkan melalui pori-pori benda keramik, selain itu juga unsur karbon dan unsur organik dibakar habis pada suhu sekitar $350\text{ }^\circ\text{C}$ sampai $400\text{ }^\circ\text{C}$. Kemudian dilanjutkan dengan tahap penggelasan yaitu pada suhu $500\text{ }^\circ\text{C}$. Pada tahap penggelasan berlangsung lebih cepat dibanding dengan tahap penghilangan uap air. Tetapi jika tanahnya mengandung *silica* dalam bentuk pasir atau flint pembakaran harus diperlambat. Sebab dalam fase pembakaran, struktur kristal *silica* akan berganti-ganti pada beberapa temperatur tertentu. Seperti telah diketahui bahwa sebagian dari unsur pembentukan gelas dalam tanah liat pada waktu suhu tinggi akan mencair kemudian menjadi gelas dan saat pendinginan akan menjadi keras. Bila proses pendinginannya diperlambat, maka akan menghindarkan keramik dari retak-retak (Astuti, 1997:59).

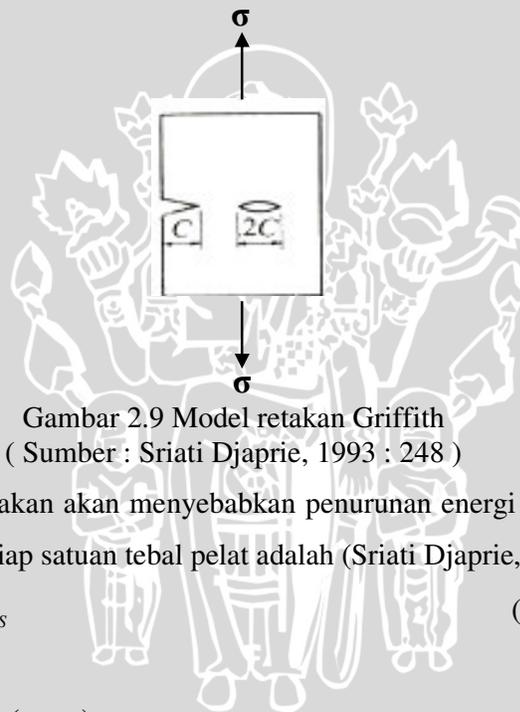
2.12 Keretakan

Patah getas pada keramik biasanya terjadi ditandai oleh adanya kecepatan penjaralan yang tinggi, tanpa terjadi deformasi makro dan sedikit sekali terjadi deformasi mikro. Kecenderungan terjadinya patah getas akan bertambah besar, bila temperatur turun dan laju regangan bertambah. Kebanyakan patah getas terjadi dengan cara pergeseran butir. Hal tersebut dikarenakan batas butiran pada keramik mengandung lapisan unsur-unsur getas, misalnya kapur. Bila retak terjadi pada butir tertentu, maka retak akan berhenti pada batas butir dan tegangan akan disebarkan melalui batas butir tersebut. Dengan demikian batas butir keramik memberikan pengaruh yang serius terhadap kekuatan keramik. (Surdia, 1995:315)

Kelemahan bahan yang getas berpangkal dari adanya cacat-cacat di permukaan maupun di dalamnya. Bahan dan produk keramik lemah dan getas ini terutama akibat

terbatasnya jumlah dan tipe deformasi plastis (mekanisme pengenduran tegangan) bahan-bahan tersebut. Cacat di dalam benda atau permukaan merupakan peningkatan tegangan, menjadi tempat pengintian potensial bagi gejala retakan. Cacat ini dapat berbentuk ketidakraturan material seperti *inklusi* (kekosongan) atau *void* (penyisipan) dan dapat juga terjadi pada proses manufaktur

Griffith menyatakan bahwa bahan-bahan getas mengandung retakan-retakan halus, yang menyebabkan terjadinya pemusatan tegangan yang cukup besar (Sriati Djaprie, 1993:247). Suatu retakan yang menjalar akan menambah luas permukaan retakan itu pada ujung-ujungnya. Pertambahan ini membutuhkan energi untuk mematahkan gaya kohesi atom-atomnya, atau dengan perkataan lain diperlukan tambahan energi permukaan.



Gambar 2.9 Model retakan Griffith
(Sumber : Sriati Djaprie, 1993 : 248)

Pembentukan retakan akan menyebabkan penurunan energi regangan. Besarnya energi regangan elastik tiap satuan tebal pelat adalah (Sriati Djaprie, 1993:248):

$$U_s = 4c\gamma_s \quad (2-1)$$

dengan :

c = panjang retak (mm)

γ_s = energi permukaan (N/m²)

2.13 Tegangan Termal Pada Keramik

Jika satu benda padat ditahan bagian luarnya dan temperaturnya dinaikkan dengan ΔT , maka terjadi tegangan tekan (σ) dalam benda padat itu karena penahanan pemuain termal (Tata surdia, 2000:314).

$$\sigma = -E.\alpha.\Delta T \quad (2-2)$$

dengan :

- σ = tegangan tekan (N/m²)
- E = modulus Young (N/m²)
- α = koefisien pemuaian panjang (in/in ⁰C¹ x 10⁶)
- ΔT = beda temperatur (⁰C)

Pada umumnya tegangan termal timbul jika setiap bagian benda padat ditahan dan tidak dapat bergerak bebas sebagai tambahan terhadap perbedaan temperatur, tegangan termal dipengaruhi oleh laju perubahan temperatur, oleh hantaran termal dari benda padat dan oleh bentuknya. Sebagai contoh, temperatur di bagian tengah dan di permukaan pelat akan berbeda. Jika temperatur permukaan adalah T_s dan temperatur di bagian yang tidak menerima tegangan termal adalah T_a , maka tegangan di permukaan (tegangan tekan jika $T_a < T_s$) dinyatakan oleh persamaan :

$$\sigma = \frac{E \cdot \alpha}{1 - \mu} (T_a - T_s) \quad (2-2)$$

dengan :

- μ = angka Poisson
- T_a = temperatur awal (⁰C)
- T_s = temperatur akhir akibat tegangan termal (⁰C)

Jika tegangan termal melampaui kekuatan patah dari bahan, maka akan terjadi retakan yang menyebabkan patah. Pada umumnya kekuatan tekan keramik adalah tinggi sedangkan kekuatan tariknya rendah. Karena itu keramik mudah pecah selama pendinginan, karena tegangan tarik terjadi pada permukaan. Koefisien pemuaian termal rata-rata untuk bahan keramik dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Koefisien pemuaian termal rata-rata untuk beberapa bahan keramik

Bahan	Koefisien pemuaian panjang, 0-1000 ⁰ C (in/in ⁰ C ¹ x10 ⁶)
Al ₂ O ₃	8,8
BeO	9,0
MgO	13,5
Zirkon	4,2
SiC	4,7
Gelas silika difusikan	0,5
Gelas silika kapur-soda	9,0
TiC	7,4
Porselen	6,0
Refraktori lempung api	5,5

(Sumber : Tata Surdia, 2000, 312)

Jika satu benda padat ditahan bagian luarnya dan temperaturnya dinaikkan maka akan terjadi tegangan tekan dalam benda padat itu karena penahanan pemuaian termal

2.14 Cacat Yang Terjadi Pada Keramik

Cacat pada keramik biasanya disebabkan dari berbagai dan beberapa faktor, mulai dari pengkomposisian bahan baku, pencetakan, *glazing line*, pembakaran, ataupun pada proses *packaging*. (Hartomo, 1994:91)

Cacat-cacat yang sering terjadi pada proses produksi keramik diantaranya :

1. Cacat Retak

Cacat retak atau bahkan sampai pecah sering terjadi pada saat proses pembakaran dan pengeringan keramik, ini diakibatkan perbedaan temperatur pada saat pembakaran dan pengeringan keramik, bahkan pengkomposisian bahan baku yang kurang baik. Proses dari perpatahan itu sendiri terdiri dari dua tahap, yaitu timbulnya retak dan tahap penjaralan retak. Sebab-sebab terjadinya retak adalah bila tegangan yang terjadi dalam *mase* itu terlalu tinggi maka barang tersebut akan retak. Retak-retak juga juga disebabkan karena perbedaan menyusut pada bagian-bagian benda. Jika retak-retak itu telah kelihatan kemudian bendanya dibakar, maka akan terjadi bahwa retak-retak itu akan semakin bertambah besar atau melebar.

2. *Pinholes*

Pinholes atau lubang jarum pada permukaan glasir terjadi akibat adanya udara yang terperangkap dalam tanah liatnya, dan glasir dibakar terlalu cepat atau terlalu lama.

3. *Bubbles*

Bubbles merupakan cacat dimana adanya gelembung karbon yang terperangkap dalam keadaan mengglasir. Ini diakibatkan pembakaran yang tidak teratur dan melampaui batas.

2.15 Hipotesa

Berdasarkan latar belakang dan kajian pustaka diatas, maka dapat dibuat hipotesis sebagai berikut :

Mase yang lebih tebal dapat menahan panas dan tegangan termal tidak melampaui kekuatan patah dari bahan yang menyebabkan cacat retak. Sehingga dengan penambahan ketebalan *mase* akan mengurangi kuantitas cacat retak pada keramik, sebab *alumina* dapat bereaksi dengan baik pada *mase* yang lebih tebal. Hal tersebut juga dikarenakan penambahan *alumina* pada *mase* yang berfungsi dapat mengimbangi atau mengontrol pemuaihan *mase* keramik saat pembakaran.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Yang Digunakan

Pada penelitian skripsi ini, secara umum metode yang digunakan adalah penggabungan antara eksperimental nyata di lapangan dan pengkajian literatur dari berbagai sumber baik dari buku, jurnal dan penelitian-penelitian sebelumnya. Topik yang dianalisis adalah analisis pengaruh variasi ketebalan badan keramik (*mase alumina*) terhadap kuantitas cacat retak pada produk keramik

3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian terdiri tiga macam yaitu variabel bebas, variabel terikat dan variabel terkontrol.

a. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi variabel lain. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah ketebalan *mase* keramik yang divariasikan sesuai rancangan penelitian.

b. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel lain. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kuantitas cacat retak pada produk keramik.

c. Parameter kendali

Parameter kendali dalam penelitian ini adalah temperatur pembakaran 1250⁰ C dan kadar *alumina* 10 %

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat pembuatan spesimen dan waktu pelaksanaan pengujian ini dilakukan di perusahaan keramik Soekardie Jl. Mayjen Panjaitan 19 / 2-31 Malang dan Balai Pengkajian Teknis Industri Keramik Jl Priyo Sunandar Sudarmo 22 Malang.

3.4 Bahan, Bentuk dan Ukuran Spesimen

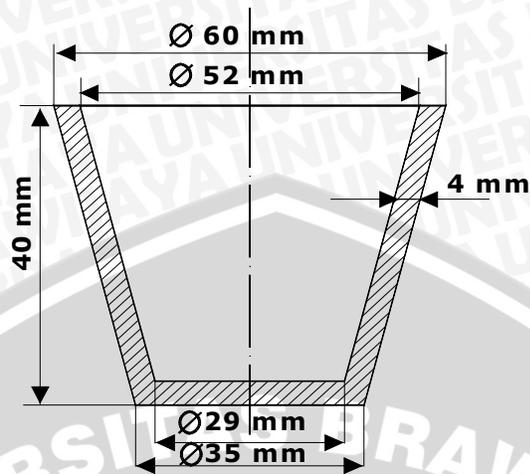
3.4.1 Bahan Spesimen Percobaan

Bahan spesimen *mase* percobaan atau penelitian ini adalah sesuai dengan bahan dari pabrik tempat pembuatan keramik yaitu *kaolin*, *kwarsa*, *feldspar* dengan penambahan *alumina*.

Tabel 3.1 Komposisi Bahan Baku *Mase*

Perlakuan	Tebal (mm)	Komposisi Bahan Mase			
		Kaolin (gr)	Feldspar (gr)	Kwarsa (gr)	Alumina (gr) (%)
1	1	400	200	200	80 (10%)
2					
3					
4					
5					
6	2	400	200	200	80 (10%)
7					
8					
9					
10	3	400	200	200	80 (10%)
11					
12					
13					
14					
15	4	400	200	200	80 (10%)
16					
17					
18					
19					
20	5	400	200	200	80 (10%)
21					
22					
23					
24					
25					

3.4.2 Bentuk dan Ukuran Spesimen Percobaan



Gambar 3.1 Ukuran Spesimen Uji Kuantitas Cacat Retak

3.5 Alat – alat Penunjang Penelitian

3.5.1 Alat-alat Dalam Pembuatan Spesimen

- Ayakan atau saringan, yang digunakan untuk mengayak bahan baku agar diperoleh bahan baku dengan partikel yang halus.
- Wadah plastik, digunakan sebagai tempat campuran bahan baku.
- Timbangan, digunakan untuk menimbang bahan baku.
- Cetakan spesimen
- Tungku pembakaran, untuk membakar spesimen.
- Mixer untuk mengaduk bahan baku

3.5.2 Spesifikasi Tungku Pembakar Spesimen

(Gambar 2.5)

- Panjang : 60 cm
- Lebar : 50 cm
- Tinggi : 50 cm
- Ruang bakar : terbuat dari batu tahan api

3.5.3 Alat Pengujian Spesimen

Alat untuk pengujian kuantitas cacat retak adalah sebagai berikut :

- Jangka sorong untuk mengukur spesimen.
- Penggaris untuk mengukur panjang retakan.

3.6 Langkah-langkah Pengujian Pada Spesimen

3.6.1 Langkah-langkah Pengujian Kuantitas Cacat Retak

Pada pengujian ini dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Ambil spesimen yang akan diuji kemudian spesimen dilihat permukaannya.
2. Ukur panjang cacat retak dengan menggunakan penggaris ukur. Produk dianggap jelek jika besar rata-rata jumlah panjang retak lebih besar dari produk lainnya.

3.6.2 Analisis Varian Satu Arah

Penelitian ini menggunakan analisis varian satu arah. Dari analisis varian satu arah ini diketahui ada tidaknya pengaruh ketebalan *mase* terhadap nilai kuantitas cacat retak. Harga nilai kuantitas cacat retak untuk tiap ketebalan *mase* dianggap $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$ dan μ_5 maka hipotesa penelitian ini bisa ditulis sebagai berikut :

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$ (tidak ada pengaruh nyata terhadap peningkatan kuantitas cacat retak pada produk keramik).

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$ (ada pengaruh nyata terhadap peningkatan kuantitas cacat retak pada produk keramik).

Hasil pengukuran dan pengambilan data dari masing-masing spesimen pengujian dapat ditabelkan seperti pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Rancangan penelitian

Spesimen	Variasi Ketebalan Mase (mm)				
	1	2	3	4	5
	Cacat Retak (mm)				
1	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	Y_{14}	Y_{15}
2	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	Y_{24}	Y_{25}
3	Y_{31}	Y_{32}	Y_{33}	Y_{34}	Y_{35}
4	Y_{41}	Y_{42}	Y_{43}	Y_{44}	Y_{45}
5	Y_{51}	Y_{52}	Y_{53}	Y_{54}	Y_{55}
Jumlah	$\sum Y_{i1}$	$\sum Y_{i2}$	$\sum Y_{i3}$	$\sum Y_{i4}$	$\sum Y_{i5}$
Nilai Rata-rata	μ_1	μ_2	μ_3	μ_4	μ_5

Berdasarkan data-data ditabel dapat dihitung, antara lain :

- Jumlah seluruh perlakuan

$$= \sum_{n=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \quad (3-1)$$

- Jumlah kuadrat seluruh perlakuan

$$= \sum_{n=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 \quad (3-2)$$

- Faktor koreksi (FK)

$$FK = \frac{\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right]^2}{n.k} \quad (3-3)$$

- Jumlah kuadrat total (JK_T)

$$JK_T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - FK \quad (3-4)$$

- Jumlah kuadrat perlakuan (JK_P)

$$JK_P = \frac{\sum_{j=1}^k \left[\sum_{i=1}^n Y_{ij} \right]^2}{n} - FK \quad (3-5)$$

- Jumlah kuadrat galat (JK_G)

$$JK_G = JK_T - JK_P \quad (3-6)$$

- Kuadrat tengah perlakuan (KT_P)

$$KT_P = \frac{JK_P}{k-1} \quad (3-7)$$

- Kuadrat tengah galat (KT_G)

$$KT_G = \frac{JK_G}{k(n-1)} \quad (3-8)$$

- Nilai F_{hitung}

$$F_{hitung} = \frac{KT_P}{KT_G} \quad (3-9)$$



Untuk uji analisis varian dibuat tabel analisis varian satu arah, yaitu seperti tabel 3.3 berikut ini :

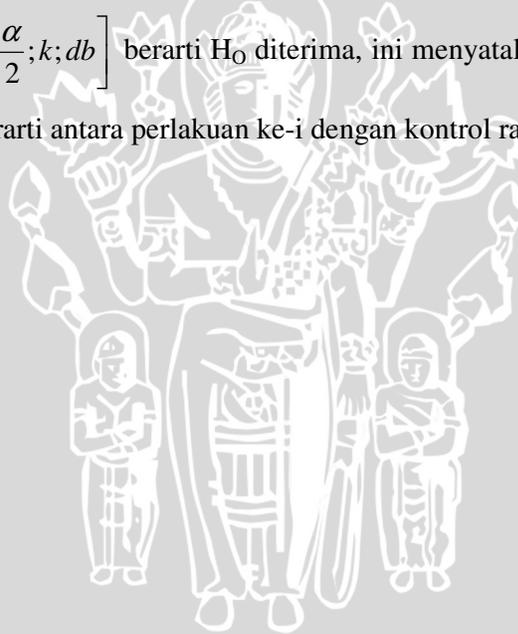
Tabel 3.3 Tabel analisis varian satu arah

Sumber Varian	db	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel}
Perlakuan	k-1	JKP	KTP	KTP/KTG	
Galat	k(n-1)	JKG	KTG		
Total	nk-1	JKP+JKG			

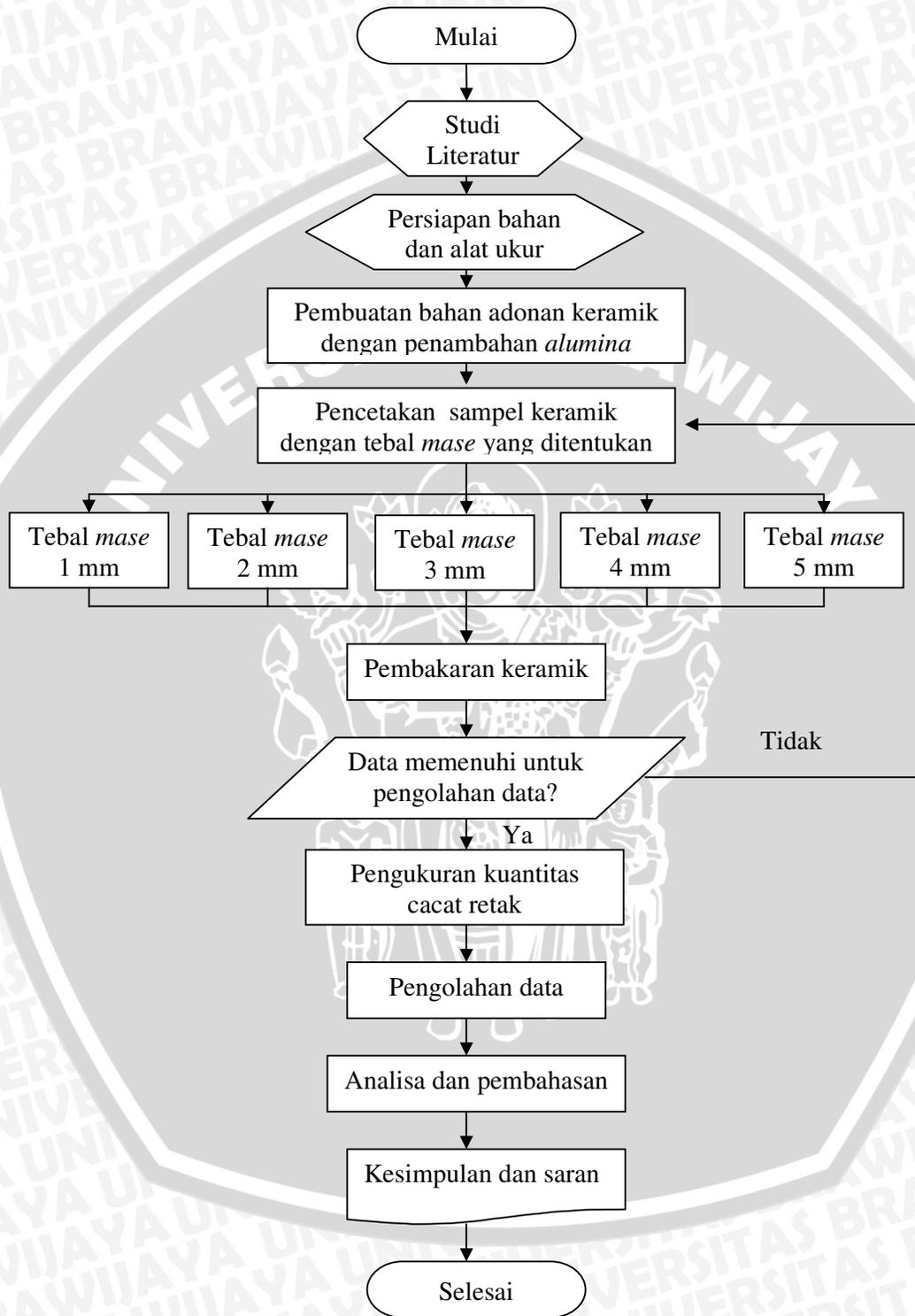
Sumber : Hifni. M, 1991, 23

Penyajian adanya pengaruh tidaknya perlakuan adalah dengan cara membandingkan F_{hitung} dengan F_{tabel}, sehingga :

- Jika $| F_{hitung} | > F \left[\frac{\alpha}{2}; k; db \right]$ berarti H₀ ditolak, ini menyatakan bahwa ada perbedaan yang berarti antara perlakuan ke-i dengan kontrol rata-rata.
- Jika $| F_{hitung} | < F \left[\frac{\alpha}{2}; k; db \right]$ berarti H₀ diterima, ini menyatakan bahwa tidak ada perbedaan yang berarti antara perlakuan ke-i dengan kontrol rata-rata.



3.7 Diagram alir Penelitian



Gambar 3.2 : Diagram alir penelitian

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Berikut ini akan disajikan data dari nilai cacat retak (mm) yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan, dimana setiap pengamatan dilakukan pengulangan sebanyak 5 kali. Data-data tersebut disusun dalam tabel yang sistematis untuk mempermudah pengolahan data selanjutnya. Berikut data hasil pengujian cacat retak yang ditampilkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data nilai cacat retak.

Spesimen	Variasi Ketebalan Mase (mm)					
	1	2	3	4	5	
	Panjang Retak (mm)					
	Jumlah Retak (buah)					
1	2	31	11,5	0	0	
2	1	23	8,5	6	6,5	
3	1	24,5	7,5	6,5	0	
4	1	11,5	25,5	0	0	
5	2	10,5	5,5	8	0	
Jumlah panjang retak total(mm)		101,5	58,5	20,5	6,5	0
Panjang retak rata-rata/ spesimen (mm)		20,3	11,7	4,1	1,3	0

Tabel 4.2 Penyusutan ketebalan mase

Spesimen	Ketebalan Mase Sebelum Dibakar (mm)					Ketebalan Mase Setelah Dibakar (mm)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	1,26	2,54	3,79	5,09	6,32	1	2,01	3	4,03	5,12
2	1,31	2,59	3,81	5,16	6,29	1,03	2,05	3,05	4,03	5,1
3	1,29	2,53	3,92	5,12	6,37	1,02	2	3,09	4,1	5,04
4	1,33	2,67	3,79	5,06	6,32	1,05	2,11	3	4	5
5	1,26	2,71	3,95	5,06	6,21	1	2	3,13	4	5,04

4.2 Pengolahan Data

Berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat dilakukan analisis data dari hasil pengujian. Analisa yang dilakukan antara lain adalah analisa statistik yang digunakan untuk mengetahui interval penduga rata-rata, analisa varian satu arah yang digunakan untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh nyata dari variasi ketebalan *mase*, dan analisa regresi untuk mengetahui kecenderungan variasi ketebalan *mase* terhadap cacat retak.

4.2.1 Analisa Statistik

1) Analisa cacat retak untuk ketebalan *mase* 1 mm

- cacat retak rata-rata :

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{101,5}{5} = 20,3$$

- Standar deviasi :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{335,30}{4}} = 9,156$$

- Standar deviasi rata-rata :

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{9,156}{\sqrt{5}} = 4,095$$

- Interval penduga rata-rata :

Derajat bebas (db) = n-1

Dengan mengambil $\alpha = 5\%$ maka $t(\alpha/2; db) = (0,025; 4) = 2,776$

$$\bar{x} - t\left[\frac{\alpha}{2}, db\right] \cdot \bar{\sigma} < X < \bar{x} + t\left[\frac{\alpha}{2}, db\right] \cdot \bar{\sigma}$$

$$20,3 - (2,776 \cdot 4,095) < X < 20,3 + (2,776 \cdot 4,095)$$

$$8,934 < X < 31,666$$

2) Analisa cacat retak untuk ketebalan *mase* 2 mm

- cacat retak rata-rata :

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{58,5}{5} = 11,7$$

- Standar deviasi :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{256,80}{4}} = 8,012$$

- Standar deviasi rata-rata :

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{8,012}{\sqrt{5}} = 3,583$$

- Interval penduga rata-rata :

Derajat bebas (db) = n-1

Dengan mengambil $\alpha = 5 \%$ maka $t(\alpha/2; db) = (0,025; 4) = 2,776$

$$\bar{x} - t\left[\frac{\alpha}{2}, db\right] \cdot \bar{\sigma} < X < \bar{x} + t\left[\frac{\alpha}{2}, db\right] \cdot \bar{\sigma}$$

$$11,7 - (2,776 \cdot 3,583) < X < 11,7 + (2,776 \cdot 3,583)$$

$$1,753 < X < 21,647$$

3) Analisa cacat retak untuk ketebalan mase 3 mm

- cacat retak rata-rata :

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{20,5}{5} = 4,1$$

- Standar deviasi :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{58,20}{4}} = 3,814$$

- Standar deviasi rata-rata :

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{3,814}{\sqrt{5}} = 1,706$$

- Interval penduga rata-rata :

Derajat bebas (db) = n-1

Dengan mengambil $\alpha = 5 \%$ maka $t(\alpha/2; db) = (0,025; 4) = 2,776$

$$\bar{x} - t\left[\frac{\alpha}{2}, db\right] \cdot \bar{\sigma} < X < \bar{x} + t\left[\frac{\alpha}{2}, db\right] \cdot \bar{\sigma}$$

$$4,1 - (2,776 \cdot 1,706) < X < 4,1 + (2,776 \cdot 1,706)$$

$$-0,636 < X < 8,836$$

4) Analisa cacat retak untuk ketebalan *mase* 4 mm

- cacat retak rata-rata :

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{6,5}{5} = 1,3$$

- Standar deviasi :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{33,80}{4}} = 2,907$$

- Standar deviasi rata-rata :

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{2,907}{\sqrt{5}} = 1,3$$

- Interval penduga rata-rata :

Derajat bebas (db) = n-1

Dengan mengambil $\alpha = 5\%$ maka $t(\alpha/2; db) = (0,025; 4) = 2,776$

$$\bar{x} - t\left[\frac{\alpha}{2}, db\right] \cdot \bar{\sigma} < X < \bar{x} + t\left[\frac{\alpha}{2}, db\right] \cdot \bar{\sigma}$$

$$1,3 - (2,776 \cdot 1,3) < X < 1,3 + (2,776 \cdot 1,3)$$

$$-2,309 < X < 4,091$$

5) Analisa cacat retak untuk ketebalan *mase* 5 mm

- cacat retak rata-rata :

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{0}{5} = 0$$

- Standar deviasi :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0}{4}} = 0$$

- Standar deviasi rata-rata :

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0}{\sqrt{5}} = 0$$

- Interval penduga rata-rata :

Derajat bebas (db) = n-1

Dengan mengambil $\alpha = 5\%$ maka $t(\alpha/2; db) = (0,025; 4) = 2,776$

$$\bar{x} - t \left[\frac{\alpha}{2}, db \right] \cdot \bar{\sigma} < X < \bar{x} + t \left[\frac{\alpha}{2}, db \right] \cdot \bar{\sigma}$$

$$0 - (2,776 \cdot 0) < X < 0 + (2,776 \cdot 0)$$

$$0 < X < 0$$

Jadi interval penduga rata-rata cacat retak produk keramik pada ketebalan *mase* (1; 2; 3; 4; 5) mm dengan tingkat keyakinan 95% dapat dilihat pada tabel 4.2 di bawah ini :

Tabel 4.2 Interval penduga cacat retak pada produk keramik

Ketebalan <i>Mase</i> (mm)	Interval penduga cacat retak
1	8,934 < X < 31,666
2	1,753 < X < 21,647
3	-0,636 < X < 8,836
4	-2,309 < X < 4,909
5	0 < X < 0

4.2.2 Analisa Varian Satu Arah

Berdasarkan tabel 4.1 maka dapat dihitung antara lain :

- Jumlah Seluruh Perlakuan

$$= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}$$

$$= 32 + 23 + 24,5 + \dots + 0 + 0$$

$$= 187$$

- Jumlah Kuadrat Seluruh Perlakuan

$$= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2$$

$$= 32^2 + 23^2 + 24,5^2 + \dots + 0^2 + 0^2$$

$$= 3521,5$$

- Faktor Koreksi (FK)

$$= \frac{\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right]^2}{n.k}$$

$$= \frac{(187)^2}{25}$$

$$= \frac{34969}{25}$$

$$= 1398,76$$

➤ Jumlah Kuadrat Total (JK_T)

$$= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - FK$$

$$= 3521,5 - 1398,76$$

$$= 2122,74$$

➤ Jumlah Kuadrat Perlakuan (JK_P)

$$= \frac{\sum_{j=1}^k \left[\sum_{i=1}^n Y_{ij} \right]^2}{n} - FK$$

$$= \frac{(101,5)^2}{5} + \frac{(58,5)^2}{5} + \frac{(20,5)^2}{5} + \frac{(6,5)^2}{5} + \frac{(0)^2}{5} - 1398,76$$

$$= 1438,64$$

➤ Jumlah Kuadrat Galat (JK_G)

$$= JK_T - JK_P$$

$$= 2122,74 - 1438,64$$

$$= 684,1$$

➤ Kuadrat Tengah Perlakuan (KT_P)

$$= \frac{JK_P}{k-1}$$

$$= \frac{1438,64}{4}$$

$$= 359,66$$

➤ Kuadrat Tengah Galat (KT_G)

$$= \frac{JK_G}{k(n-1)}$$

$$= \frac{684,1}{20}$$

$$= 34,205$$

$$\begin{aligned}
 & \text{➤ } F_{hitung} \\
 &= \frac{KT_P}{KT_G} \\
 &= \frac{359,66}{34,205} \\
 &= 10,51
 \end{aligned}$$

Dengan menentukan tingkat kesalahan (α) adalah 5%, maka untuk $F_{tabel} [\alpha ; k-1 ; k(n-1)] = F_{tabel} (0,05; 4; 20)$ adalah 2,87

Tabel 4.3 Analisis varian satu arah

Sumber Varian	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	4	3521,5	359,66	10,51	2,87
Galat	20	684,1	34,205		
Total	24	2122,74			

4.2.3 Analisa Regresi

Dari data-data cacat retak yang diperoleh maka dapat dilakukan analisa regresi. Persamaan regresi dalam penelitian ini adalah model persamaan polinomial. Dari data hasil pengujian didapatkan suatu hasil yang dapat ditampilkan dalam bentuk suatu variabel, dimana :

Y = cacat retak (mm)

X = ketebalan *mase* (mm)

Tabel 4.4 Analisa regresi cacat retak

No.	Y	X	XY	X ²	X ³	X ⁴	X ² Y	Y ²
1	20,3	1	20,3	1	1	1	20,3	412,09
2	11,7	2	23,4	4	8	16	46,8	136,89
3	4,1	3	12,3	9	27	81	36,9	16,81
4	1,3	4	5,2	16	64	256	20,8	1,69
5	0	5	0	25	125	625	0	0
Σ	37,4	15	61,2	55	225	979	124,8	567,48

Berdasarkan tabel di atas maka diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\sum Y = b_0 n + A_1 \sum X + A_2 \sum X^2$$

$$\sum XY = A_0 \sum X + A_1 \sum X^2 + A_2 \sum X^3$$

$$\sum X^2 Y = A_0 \sum X^2 + A_1 \sum X^3 + A_2 \sum X^4$$

Dari persamaan di atas dapat disusun persamaan normalnya, yaitu sebagai berikut :

$$37,4 = 5 A_0 + 15 A_1 + 55 A_2$$

$$61,2 = 15 A_0 + 55 A_1 + 225 A_2$$

$$124,8 = 55 A_0 + 225 A_1 + 979 A_2$$

Hasil substitusi dari tiga persamaan di atas didapatkan :

$$A_0 = 32,47$$

$$A_1 = -13,412$$

$$A_2 = 1,3857$$

Setelah didapatkan nilai A_0 , A_1 , dan A_2 maka dapat disusun persamaan regresi polinomialnya, yaitu sebagai berikut :

$$Y = 1,3857X^2 - 13,412X + 32,47$$

Dan

$$\begin{aligned} \blacksquare JK_R &= A_1 \left(\sum XY - \frac{(\sum X \cdot \sum Y)}{n} \right) + A_2 \left(\sum X^2 Y - \frac{(\sum X^2 \cdot \sum Y)}{n} \right) \\ &= -13,412 \left(61,2 - \frac{(15 \cdot 37,4)}{5} \right) + 1,3857 \left(124,8 - \frac{(55 \cdot 37,4)}{5} \right) \\ &= 286,87 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \blacksquare JK_T &= \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \\ &= 567,48 - \frac{(37,4)^2}{5} \\ &= 287,72 \end{aligned}$$

Maka

$$\begin{aligned} R^2 &= \frac{JK_R}{JK_T} \\ &= \frac{286,87}{287,72} \\ &= 0,997 \end{aligned}$$

Data yang didapat dari hasil perhitungan analisa statistik menunjukkan bahwa semakin tebal *mase* yang digunakan, maka cacat retak yang terjadi semakin kecil. Cacat retak pada ketebalan *mase* 1 mm adalah 20,3 mm dan cacat retak pada ketebalan *mase* 2 mm adalah 11,7 mm. Berdasarkan tabel 4.3 dengan menggunakan derajat bebas (db) perlakuan dengan nilai 4 dan derajat bebas (db) galat dengan nilai 20 didapatkan harga F teoritis dalam tabel nilai-nilai F sebesar 2,87 pada $\alpha = 5\%$. Dari perhitungan didapatkan harga F_{hitung} sebesar 10,51 dari sini dapat disimpulkan bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh nyata antara ketebalan *mase* terhadap cacat retak, dengan resiko kesalahan 5%. Berdasarkan perhitungan analisa regresi polinomial didapatkan persamaan Regresi $Y = 1,3857x^2 - 13,414x + 32,48$ dengan harga $R = 0,9974$ dimana variabel Y mewakili cacat retak dan variabel X mewakili ketebalan *mase*. Persamaan tersebut dapat diartikan bahwa dengan meningkatnya nilai X (tebal *mase*) maka nilai Y (cacat retak) akan semakin menurun. Nilai koefisien korelasi $R^2 = 0,997$ menunjukkan bahwa korelasi variabel Y yang mewakili cacat retak dengan variabel X yang mewakili ketebalan *mase* sangat signifikan.

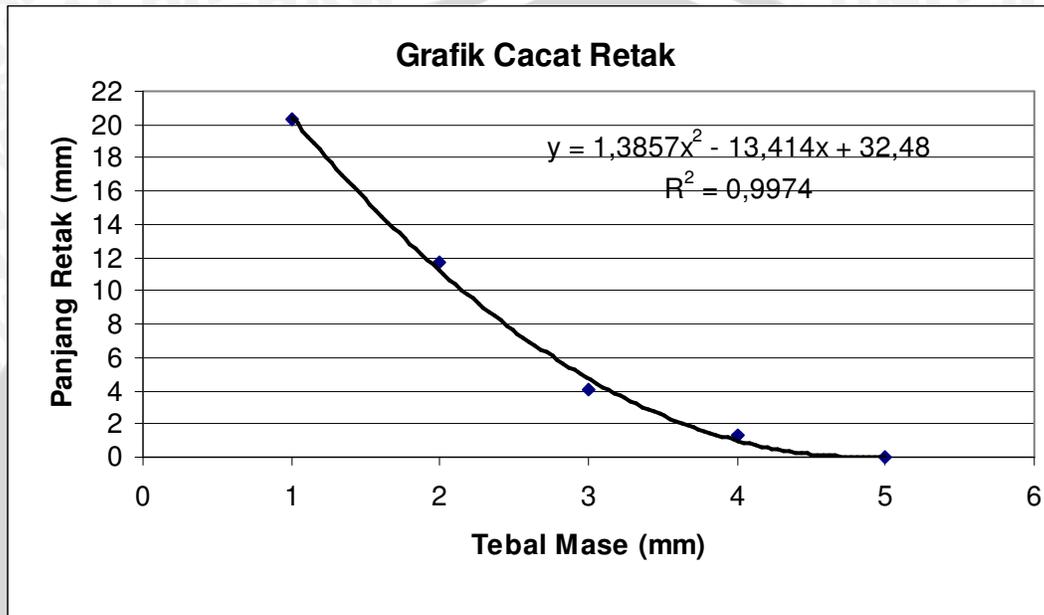
Hasil pengolahan data dari hasil pengujian yang telah dilakukan dibuat dalam bentuk grafik hubungan tebal *mase* dengan panjang retak seperti pada gambar 4.1.

4.2.4 Analisa cacat retak

Hasil pengujian cacat retak pada keramik dengan penambahan alumina menunjukkan hasil yang berbeda-beda untuk masing-masing ketebalan *mase*. Hal ini dikarenakan *mase* dengan penambahan alumina dapat bereaksi dengan baik pada *mase* yang lebih tebal sehingga dapat mengontrol pemuaiannya. Perbedaan ketebalan *mase* dengan penambahan alumina inilah yang mengakibatkan cacat retak pada masing-masing spesimen juga berbeda.

4.3 Pembahasan

Untuk memudahkan dalam menganalisa maka salah satu cara yang ditempuh adalah dengan menyajikan data dalam bentuk grafik. Dari hasil perhitungan maka grafik dapat dibuat dengan menghubungkan antara ketebalan *mase* dengan cacat retak. Grafik dapat dilihat pada gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara tebal *mase* dengan panjang retak

Berdasarkan grafik hubungan antara ketebalan *mase* dengan cacat retak pada gambar 4.1, terlihat bahwa cacat retak semakin menurun pada penambahan ketebalan *mase*. Hal ini disebabkan hantaran panas yang berbeda dari *mase* tersebut yaitu *mase* yang lebih tipis saat pembakaran pada permukaan *mase* lebih cepat mengalami panas dibandingkan bagian tengah sehingga *mase* yang tipis banyak mengalami cacat retak. Pada ketebalan 1 mm, cacat retak yang terjadi akibat adanya proses pembakaran sebesar 20,3 mm. Besarnya retak ini diakibatkan kekuatan untuk menahan tegangan dari luar akibat panas sangat rendah, maka cacat retaknya lebih besar. Cacat retak ini juga disebabkan karena adanya perbedaan penyusutan pada bagian-bagian *mase* saat berlangsungnya proses pendinginan sehingga terjadi perbedaan temperatur yang mengakibatkan tegangan tarik pada *mase*. Penyusutan ini disebabkan karena kehilangan kandungan airnya setelah proses pengeringan sampai pembakaran berakhir karena itu bentuk bendanya akan menjadi lebih kecil daripada ukuran semula. Pada *mase* yang

ketebalannya 1 mm sampai dengan 3 mm mudah terjadi peningkatan tegangan termal karena laju perubahan temperatur sangat cepat yang mengakibatkan *mase* dengan ketebalan tersebut cacat retak yang terjadi lebih besar.

Produk keramik umumnya mempunyai kekuatan tekan lebih tinggi sedangkan kekuatan tariknya rendah. Oleh karena itu keramik mudah mengalami cacat retak selama pendinginan karena tegangan tarik terjadi pada permukaan, yaitu dimana *mase* yang lebih tipis tegangan tarik menarik antar partikel yang ada pada *mase* keramik lebih besar, sehingga produk keramik dengan *mase* yang lebih tipis akan mudah terjadi retak. Pada penelitian kali ini cacat retak banyak ditemukan pada ketebalan *mase* 1 mm sampai dengan 3 mm.

Pada ketebalan *mase* 4 mm cacat retak yang terjadi akibat adanya proses pembakaran lebih kecil daripada ketebalan 1 mm. Hal tersebut terjadi akibat volume ketebalan *mase* yang lebih besar, sehingga kekuatan untuk menahan tegangan dari luar yang berupa panas akan lebih besar. Minimnya keretakan yang terjadi pada ketebalan *mase* 4 mm ini juga disebabkan adanya penambahan *alumina* yang berfungsi untuk mengontrol pemuaiannya pada *mase* saat proses pembakaran, karena *alumina* dapat bereaksi dengan baik pada *mase* yang lebih tebal sehingga retak yang terjadi semakin berkurang karena terjadi sedikit pemuaiannya pada *mase*.

Dalam tahap pendinginan keramik umumnya telah matang. Jika penurunan suhu pembakaran telah mencapai sekitar 800°C , maka suluh pembakar harus dipadamkan dan tungku ditinggalkan sampai dingin. Jika ada lubang udara pada tungku, sebaiknya lubang tersebut tidak langsung dibuka agar pendinginan dapat diperlambat. Hal tersebut juga perlu dilakukan jika benda yang dibakar mengandung banyak *silica* dan dalam jumlah yang banyak. Sebab dalam fase pembakaran, struktur kristal *silica* akan berganti-ganti pada temperatur tertentu. Bila suhu dalam tahap pendinginan telah menurun sampai 573°C , maka akan terjadi lagi pergantian struktur kristal *silica*. Untuk itu pengambilan spesimen dilakukan sampai tungku dalam keadaan benar-benar dingin, sehingga kemungkinan terjadinya cacat retak dapat dikurangi.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari pelaksanaan pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Kuantitas cacat retak produk keramik semakin berkurang pada *mase* yang lebih tebal, dimana menurut penelitian nilai cacat retak tertinggi terjadi pada ketebalan 1 mm yaitu 20,3 mm dan nilai cacat retak terendah terjadi pada ketebalan *mase* 5 mm yaitu 0 mm, hal ini dikarenakan tegangan termal melampaui kekuatan bahan yang *masenya* lebih tipis sehingga cacat retaknya lebih besar dibanding *mase* yang lebih tebal. Menurut analisa grafik penurunan cacat retak tertinggi terjadi berada pada ketebalan *mase* 1 mm sampai 3 mm, sedangkan penurunan nilai kuantitas cacat retak sedikit sekali berada pada ketebalan *mase* 4 mm dan 5 mm, disebabkan *alumina* dapat bereaksi dengan baik pada ketebalan *mase* 4 mm dan 5 mm. Dengan penambahan unsur *alumina* pada bahan, *mase* tidak lengkung dan cacat retak yang terjadi semakin berkurang dikarenakan *alumina* yang berfungsi mengontrol pemuaian pada keramik.

Pada keramik cacat retak sering terjadi pada proses pengeringan, pembakaran sampai tahap pendinginan keramik. Sehingga untuk membuat barang keramik yang mempunyai nilai cacat retak rendah dibutuhkan ketebalan *mase* 4 mm sampai 5 mm. Hal ini dikarenakan *mase* yang tebal lebih kuat menahan tegangan termal yang tinggi pada saat pembakaran berlangsung. Cacat retak yang terjadi pada saat pendinginan, permukaan akan mendingin lebih cepat dibanding bagian dalam sehingga terjadi tegangan pada bagian luar dan jika pembukaan tungku dilakukan secara mendadak pada temperatur yang masih tinggi menyebabkan susunan struktur keramik yang belum stabil mengalami tegangan yang mengakibatkan cacat retak pada produk keramik.

5.2 Saran

Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan variasi ketebalan *mase* dengan penambahan komposisi yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2005. *Bahan baku keramik bakaran tinggi*. <http://info@cw.org>
- Astuti, Ambar, 1997. *Pengetahuan Keramik*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press
- Austin, George. 1996. *Industri Proses Kimia*. Edisi Kelima. Jakarta : Erlangga
- Djaprie, Sriati. 1993. *Metalurgi Mekanik*. Edisi Ketiga. Jakarta : Erlangga
- Guharyanto, 2003. *Formulasi bahan baku dan bahan tambahan dalam pembuatan badan keramik lembaran sebagai bahan bangunan* <http://PSTKP.BPPT.go.id/>
- Hartomo, A.J. 1992. *Mengenal Keramik Canggih dan Biokeramik*. Yogyakarta: Andi Offset
- Hartomo, A.J. 1994. *Mengenal Keramik Modern*. Yogyakarta : Andi Offset
- Hifni, M. 1992. *Analisis Varian dan Penerapannya*. Malang : Kopma Press Universitas Brawijaya.
- Julianto, Aan. 2006. Pengaruh komposisi kapur pada glasir terhadap kuantitas cacat retak produk porselen *Skripsi tidak diterbitkan*. Malang : Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Komang, N. 2005. *Pengembangan bahan raga arthenware Desa baluk kecamatan Negara kabupaten Jembrana ke arah raga keramik stoneware pada suhu bakar 1200°C*. <http://HUMAS-BPPT.go.id/>
- Raharjo, Rudianto. 2005. Pengaruh Temperatur Pembakaran Terhadap Jumlah Produk Keramik Yang Mengalami Cacat Retak. *Skripsi tidak diterbitkan*. Malang : Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Razak, R.A. 1981. *Industri Keramik*. PN Balai Pustaka
- Surdia, T. dan Saito, S. 1995. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Cetakan Ketiga. Jakarta: Pradnya Paramita
- Van Vlack, L.H. 1992. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Edisi Kelima. Jakarta : Erlangga
- Wijaya, Achmad 2006. *Kesiapan infrastruktur industri keramik*. info@depkominfo.go.id
- Wirakusuma, Friska. 2005. Pengaruh Kwarsa Terhadap Kekuatan Impact dan Kekerasan Keramik. *Skripsi tidak diterbitkan*. Malang : Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.