

**PENGARUH KOMPOSISI *FELDSPAR* TERHADAP  
KEKUATAN TARIK SEBELUM DIBAKAR  
DAN KEKERASAN PADA KERAMIK SESUDAH  
DIBAKAR**

**SKRIPSI  
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan

Memperoleh gelar Sarjana Teknik



Oleh :

**YUDDI ARFIANTO**

***NIM. 0001063199-62***

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**JURUSAN MESIN**

**MALANG**

**2006**

**LEMBAR PERSETUJUAN****PENGARUH KOMPOSISI *FELDSPAR* TERHADAP KEKUATAN TARIK  
SEBELUM DIBAKAR  
DAN KEKERASAN PADA KERAMIK SESUDAH DIBAKAR****SKRIPSI  
KONSENTRASI TEKNIK PRODUKSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
Memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

**YUDDI ARFIANTO**  
**NIM 0001063199-62**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Ir.Bardji Hadi Pranoto**  
**Nip 130 935 803**

**Sofyan Arief Setya Budi ,ST**  
**Nip 132 206 464**

**PENGARUH KOMPOSISI *FELDSPAR* TERHADAP KEKUATAN TARIK  
SEBELUM DIBAKAR  
DAN KEKERASAN PADA KERAMIK SESUDAH DIBAKAR**

Disusun oleh:

**YUDDIARFIANTO**  
**NIM: 0001063199-62**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada tanggal 28 Desember 2006

**DOSEN PENGUJI**

Penguji Skripsi

Penguji Skripsi

Ir. Achmad As'ad Sonief, MT.  
NIP. 131 756 003

Ir. Handono Sasmito, M. Eng, Sc  
NIP. 130 818 811

Penguji Komprehensif

Ir. Wardi Kasim, MT  
NIP. 131 653 469

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Mesin

Ir. Bambang Indrayadi, MT  
NIP. 131 653 469



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah S.W.T. karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Karya tulis ini diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana teknik. Skripsi ini ditulis sebagai tugas akhir yang didasarkan atas penelitian yang penulis lakukan di Laboratorium Pengecoran Logam dan Laboratorium Uji Bahan, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang.

Penulis

menyadari karya tulis ini sulit terselesaikan tanpa bantuan pihak-pihak yang telah memberikan bantuan dan fasilitas kepada penulis. Untuk itu, tak lupa penulis menyampaikan rasa hormat dan ucapan terimakasih, kepada:

1. Bapak Ir. Bardji Hadi Pranoto dan Sofyan Arief Setyawan, St selaku Dosen Pembimbing Skripsi.
2. Bapak Ir. Bambang Indrayadi, MT selaku Ketua Jurusan teknik Mesin Universitas Brawijaya.
3. Bapak / Ibu Dosen Pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang dengan tulus mendidik dan mengajar kami.
4. Ayah dan Bunda yang telah banyak memberikan fasilitas dan bantuan dalam penulisan skripsi ini.
5. Teman-teman yang telah memberikan bantuan baik pikiran, materi, moral dan fasilitas.
6. Pihak-pihak lain yang turut membantu hingga karya tulis ini dapat selesai dengan baik.

Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca sekalian, khususnya bagi mahasiswa Teknik Mesin.

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR GRAFIK.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
RINGKASAN.....	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan masalah.....	2
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Macam-Macam Keramik.....	3
2.1.1 Keramik Putih.....	3
2.1.2 Bahan-Bahan Tahan Api.....	3
2.1.3 Keramik Batu.....	3
2.1.4 Porselin.....	4
2.1.5 Gelas.....	4
2.1.6 Produk Lempung Struktural.....	4
2.1.7 Abrasif.....	4
2.1.8 Keramik Baru.....	4
2.2 Bahan Baku Keramik.....	5
2.2.1 Tanah Liat (Lempung).....	5
2.2.2 Jenis-jenis tanah liat.....	5
2.2.3 Sifat-Sifat dan kandungan tanah liat.....	6
2.3 Sifat-sifat bahan baku keramik.....	6
2.3.1 Bahan baku plastis.....	6
2.3.2 Bahan baku non Plastis.....	8
2.3.3 Bahan baku pembantu.....	9
2.4 Proses Pembuatan Keramik.....	9
2.4.1 Pengolahan tanah liat.....	9
2.4.2 Pembentukan.....	10
2.4.3 Pengeringan.....	11
2.4.4 Pengglasiran.....	12
2.5 Pembakaran.....	13
2.6 Kekuatan Keramik.....	14

2.7	Kekerasan Keramik.....	15
2.8	Elastisitas Badan Keramik.....	15
2.9	Hipotesa .....	17

### BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1	Metodologi Penelitian.....	18
3.2	Variabel Yang Diteliti.....	18
3.3	Tempat Dan Waktu Penelitian.....	18
3.4	Persiapan.....	18
3.4.1	Bahan Baku.....	18
3.4.2	Bahan Cetakan .....	20
3.4.3	Alat-alat dan bahan penunjang.....	20
3.5	Proses Pembuatan <i>Spesimen</i> .....	20
3.6	Pelaksanaan Uji Tarik .....	21
3.7	Pelaksanaan Uji Kekerasan.....	22
3.8	Analisis Statistik .....	23
3.9	Diagram Alir Penelitian .....	26

### BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1.	Data Hasil pengujian .....	27
4.2.	Analisis Varian Satu Arah.....	27
4.2.1.	Analisis Varian Satu Arah kekuatan tarik Keramik Sebelum di Bakar .....	28
4.2.1.	Analisis Varian Satu Arah Kekerasan Keramik Sesudah di Bakar.....	29
4.3.	Pembahasan .....	31
4.3.1.	Hubungan Antara Perubahan Komposisi <i>Feldspar</i> Dengan Kekuatan Tarik Keramik Sebelum di Bakar.....	31
4.3.2.	Hubungan Antara Perubahan Komposisi <i>Feldspar</i> Dengan Kekerasan Sesudah di Bakar.....	32

### BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	34
5.2	Saran.....	34

DAFTAR PUSTAKA .....	35
----------------------	----

LAMPIRAN I .....	36
------------------	----

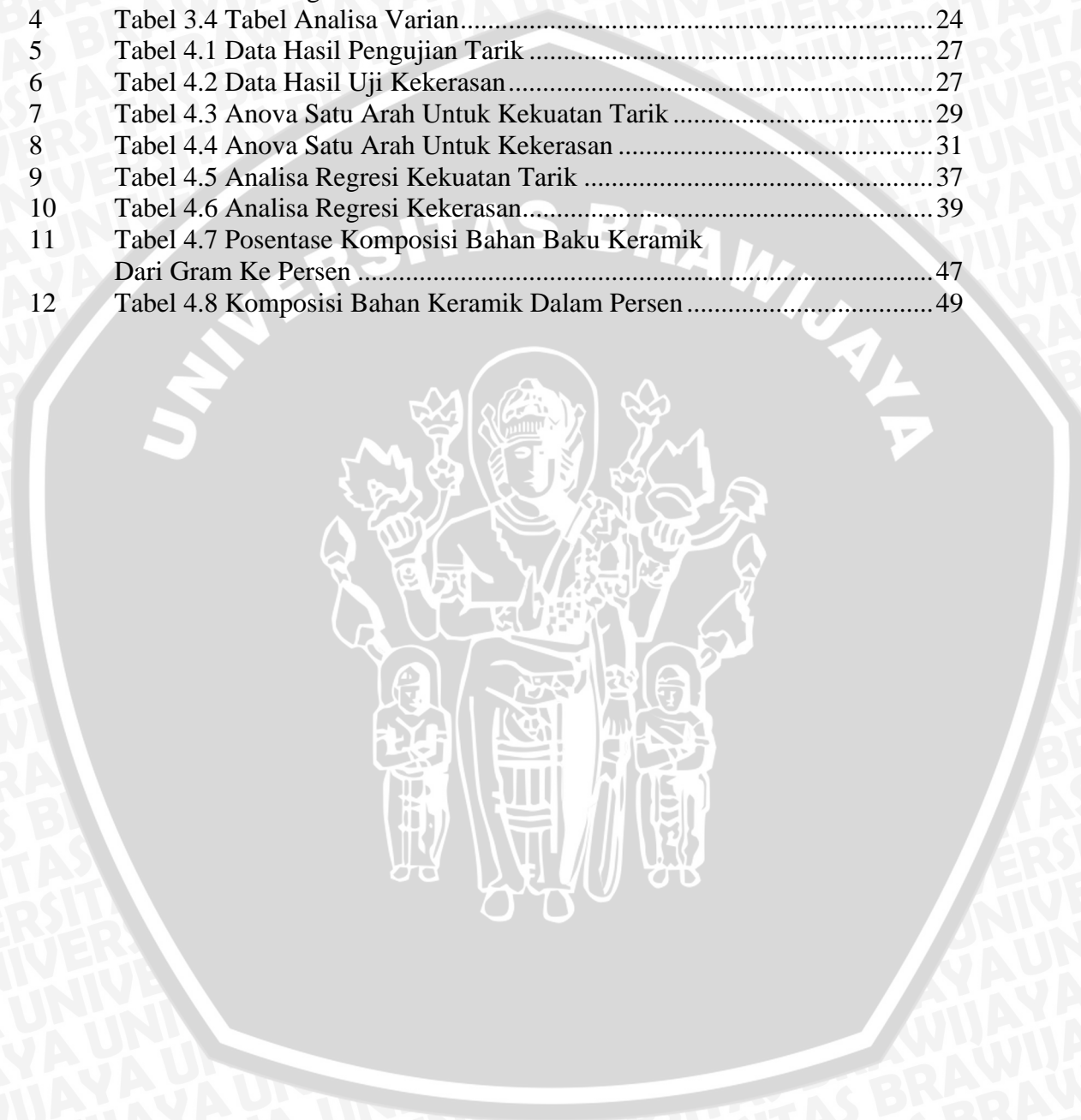
LAMPIRAN II.....	41
------------------	----

LAMPIRAN III.....	47
-------------------	----



## DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
1.	Tabel 3.1 Komposisi Bahan Baku.....	19
2	Tabel 3.2 Dimensi Specimen Pengujian Kekerasan.....	22
3	Tabel 3.3 Rancangan Penelitian .....	23
4	Tabel 3.4 Tabel Analisa Varian.....	24
5	Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Tarik .....	27
6	Tabel 4.2 Data Hasil Uji Kekerasan .....	27
7	Tabel 4.3 Anova Satu Arah Untuk Kekuatan Tarik .....	29
8	Tabel 4.4 Anova Satu Arah Untuk Kekerasan .....	31
9	Tabel 4.5 Analisa Regresi Kekuatan Tarik .....	37
10	Tabel 4.6 Analisa Regresi Kekerasan.....	39
11	Tabel 4.7 Posentase Komposisi Bahan Baku Keramik Dari Gram Ke Persen .....	47
12	Tabel 4.8 Komposisi Bahan Keramik Dalam Persen .....	49



**DAFTAR GAMBAR**

No	Judul	Halaman
1	Gambar 2.1 Partikel lempung .....	5
2	Gambar 2.2. Bagan Piranti <i>Jigger</i> .....	10
3	Gambar 2.3. Alat Pengglasiran .....	12
4	Gambar 2.4 Pemampatan karena leburan dan pengurangan pori .....	14
5	Gambar 2.5 Diagram tegangan regangan .....	16
6	Gambar 2.6 <i>Universal Strength Machine</i> .....	16
7	Gambar 3.1 <i>Standart test Methode for brequet Specimen TensileStrength test</i> .....	21
8	Gambar 3.2 Spesiment Uji Kekerasan .....	22
9	Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian .....	26
10	Gambar 5.1 Specimen uji tarik dengan menggunakan <i>universal strength machine</i> .....	41
11	Gambar 5.2 Specimen uji kekerasan dengan menggunakan Brinell .....	44





**DAFTAR GRAFIK**

No	Judul	Halaman
1	Grafik Hubungan Antara Perubahan Komposisi <i>Feldspar</i> Dengan Kekuatan Tarik Keramik Sebelum Dibakar .....	32
2	Grafik Hubungan Antara Perubahan Komposisi <i>Feldspar</i> Dengan Kekerasan Keramik Sesudah Dibakar .....	33



## DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul	Halaman
1. Lampiran I	Analisa Regresi kekuatan tarik .....	36
2. Lampiran I	Analisa Regresi Kekerasan .....	39
3. Lampiran II	Gambar Specimen uji tarik dengan <i>universal strength</i> .....	42
4. Lampiran II	Gambar Specimen Kekerasan .....	42
5. Lampiran III	Komposisi Bahan Baku Keramik Dari Gram Ke Persen .....	47
6. Lampiran III	Tabel 4.8 Komposisi Bahan Keramik Dalam Persen .....	49



## RINGKASAN

YUDDI ARFIANTO, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Universitas Brawijaya, Agustus 2006. *Pengaruh Feldspar Terhadap Kekuatan Tarik Sebelum Dibakar Dan Kekerasan Keramik Sesudah Dibakar*, Dosen Pembimbing : Ir. Bardji Hadi Pranoto, Dan Sofyan Arief Setyabudi,ST.

Keramik adalah bahan padat anorganik bukan logam, yang terbuat dari beberapa campuran bahan anorganik. Dari beberapa sifat fisis keramik yang dimiliki oleh keramik akibat perbedaan bahan mentahnya. Feldspar merupakan salah satu bahan keramik non plastis yang mana dapat mengurangi susut kering pada keramik dan dapat menurunkan keelastisitasan badan keramik pada saat pencetakan keramik tetapi tidak membuat keramik menjadi padat. Feldspar dapat mengurangi panas peleburan dari bahan-bahan lain sehingga bahan lain dapat bercampur bersama-sama dan mengeras setelah dingin.

Tujuan yang ingin diketahui dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan tarik bahan keramik sebelum di bakar dengan perubahan komposisi feldspar dan mengetahui kekerasan dari keramik dengan perubahan komposisi feldspar sesudah dibakar.

Komposisi feldspar ternyata dapat memberikan pengaruh nyata pada bahan keramik. Dengan komposisi feldspar yang berbeda, akan menghasilkan kekuatan tarik dan kekerasan yang berbeda pula. Karena feldspar merupakan bahan non plastis sedangkan tanah liat termasuk bahan plastis sehingga bila kedua bahan tersebut dicampur dan dijadikan bahan keramik, maka akan terjadi penurunan kekuatan tarik dari bahan keramik, karena ikatan antar partikel lempung kurang mengikat, sehingga kekuatan tarik akan menurun. Kekerasan keramik sesudah dibakar dengan penambahan feldspar dapat mempengaruhi nilai kekerasannya. Sebab lelehan feldspar pada saat pembakaran dapat melebur dengan kaolin, *ballclay* dan kuarsa dengan baik Sedangkan mulai komposisi 30gr sampai 45 gr kekerasannya menurun, akibat lelehan feldspar yang bercampur dalam lelehan *ballclay*, kuarsa, kaolin bertambah yang mana feldspar bukan bahan yang dapat mengakibatkan keramik menjadi keras, tetapi feldspar hanya berfungsi untuk menurunkan (mereduksi) temperatur pembakaran material keramik pada proses peleburan.

Penulis



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.5 Latar Belakang

Sentuhan seni dan teknologi mampu mengangkat nilai tambah yang demikian tinggi suatu produk keramik, membuat komoditi yang bahannya dari potensi tanah liat dengan tingkat penyebaran yang mendukung serta memberikan kemudahan dalam penyediaan sesuai dengan tingkat kebutuhan secara kontinyu, semakin kuat prospek pengembangannya dalam rangka penguatan industri kerajinan yang memanfaatkan bahan lokal dengan harga relatif murah.

Keramik adalah bahan padat bukan logam, yang terbuat dari beberapa campuran bahan anorganik. Tanah liat sebagai bahan pokok untuk pembuatan keramik, karena bahannya mudah didapat. Sifat tanah liat yang menguntungkan adalah mudah di bentuk, bila tanah liat ini di campur dengan air dalam perbandingan tertentu. Penambahan air pada tanah liat tidak boleh terlalu banyak ataupun kurang, dengan demikian tanah tersebut akan cukup plastis untuk dapat dibentuk tanpa retak. Tanah liat banyak dijumpai di berbagai tempat tetapi memiliki sifat yang berbeda-beda. Ada yang dapat digunakan langsung untuk bahan pembuatan keramik, ada juga yang membutuhkan pengkomposisian dari beberapa bahan tanah liat sehingga dapat menghasilkan keramik seperti yang diharapkan.

*Feldspar* merupakan *fluks* didalam keramik memiliki kandungan normal dengan komposisi keramik 25%-40%. [www.ceramikmaterial.info](http://www.ceramikmaterial.info). *Feldspar* adalah yang berasal dari batu karang yang ditumbuk dan dapat di gunakan sebagai *fluks* (pelebur). Bila badan keramik dibakar, *feldspar* meleleh (melebur) dan membentuk leburan gelas yang menyebabkan partikel tanah dan bahan lainnya melekat satu sama lainnya, bila bahan semacam ini membeku. Bahan ini memberikan kekuatan dan kekukuhan pada keramik. Faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan tarik dan kekerasannya antara lain adalah : waktu pemanasan, temperatur pemanasan dan pengeringan serta komposisi bahan baku atau ketebalan keramik tersebut. Sehubungan dengan hal ini, maka penulis ingin menganalisa pengaruh salah satu komposisi bahan baku keramik yaitu *feldspar* terhadap kekuatan tarik sebelum dibakar dan pengaruh *feldspar* terhadap kekerasan keramik sesudah dibakar.

Dari analisa tersebut, penulis ingin mengetahui kekuatan yang dihasilkan dan berapa banyak kandungan *feldspar* agar bisa berpengaruh terhadap kekerasan dan kekuatan tarik pada keramik.

### 1.6 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas penulis ingin mengetahui :  
Bagaimana pengaruh variasi pencampuran bahan baku *feldspar* terhadap perubahan kekuatan tarik sebelum dibakar dan tingkat kekerasan keramik sesudah di bakar.

### 1.7 Batasan masalah

Untuk membatasi ruang lingkup penulis ini diperlukan batasan-batasan masalah dengan tujuan agar pembahasan tidak meluas, sehingga akan lebih mengarah. Batasan masalah yang diambil adalah :

1. Pengaruh sifat keramik, yaitu mengenai kekuatan tarik sebelum dibakar pada keramik hasil penelitian yang dilakukan dan mengenai kekerasan pada keramik sesudah di bakar hasil penelitian yang dilakukan.
2. Bentuk dan dimensi keramik diasumsikan seragam
3. Diasumsikan tidak ada cacat pada *spesimen* keramik

### 1.8 Tujuan dan Manfaat Penelitian

#### Tujuan

Adapun tujuan penelitian yang akan dicapai sehubungan dengan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kekuatan tarik badan keramik sebelum di bakar dengan perubahan komposisi *feldspar*
2. Mengetahui pengaruh perubahan komposisi *feldspar* terhadap kekerasan keramik sesudah dibakar

#### Manfaat

1. Sebagai literatur untuk pengembangan ilmu pengetahuan masalah keramik yang berbasis tanah liat.
2. Sebagai bahan pertimbangan dalam proses pembuatan material keramik.
3. Pemanfaatan sumber daya alam tanah liat sebagai pembentukan material baru.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.10 Macam-Macam Keramik

Keramik merupakan bahan teknik yang tertua, produk keramik didominasi dari bahan-bahan dari tanah (anorganik solid), yang dipanaskan pada temperatur tinggi pada proses pembuatannya. Dari beberapa sifat fisis yang dimiliki oleh keramik akibat perbedaan komposisi bahan mentahnya, didapat bahwa sampel dengan komposisi terbanyak bahan non plastis ternyata memiliki harga penyusutan yang paling rendah dan untuk sampel yang mengandung banyak kaolin sebagai zat pembentuknya ternyata sampel tersebut bersifat plastis sedangkan pada bahan yang kandungan kaolinya sedikit, cenderung tidak plastis. Kemudian bahan yang kaolinnya tinggi memiliki susut besar dan untuk bahan yang mengandung banyak feldspar nilai porositasnya kecil, sedangkan bila kandungan *feldspar* kecil nilai porositasnya besar. (Harsono, jurnal natural vol 4.). Keramik dapat di bagi menjadi beberapa golongan, yaitu:

##### 2.10.1 Keramik Putih

Keramik putih, karena berwarna putih bila dibakar. Bahan ini dipakai untuk membuat berbagai produk rumah tangga seperti, toilet, alat makan, produk listrik seperti isolator tegangan rendah atau tinggi, produk industri tahan aus atau bahan kimia.

##### 2.10.2 Bahan-Bahan Tahan Api

Untuk bahan pembuat tungku pelebur besi, gelas, tungku semen dan lain-lain, diperlukan bahan yang tahan suhu tinggi dan tahan beban tekanan korosif logam, tidak mudah hancur oleh kejutan temperatur selama proses.

##### 2.10.3 Keramik Batu

Keramik jenis ini mempunyai struktur dan tekstur halus dan kokoh, kuat dan berat seperti batu. Keramik ini jenis termasuk kualitas golongan menengah. Disamakan dengan batu karena komposisi mineral sama. Badannya rapat, lebih kuat dari pada gerabah, bunyinya lebih nyaring, tidak porous dan warna serta teksturnya mirip batu. Jenis ini dapat dibakar medium ( $1150^{\circ}\text{C}$ ) untuk *stoneware* merah, juga dapat dibakar tinggi ( $1250^{\circ}\text{C}$ ) untuk *stoneware* abu-abu. Untuk pembuatannya dapat dipakai tanah tunggal atau dapat pula dibuat campuran dari *ball clay*, *kaolin*, *feldspar*.



#### 2.10.4 Porselin

Merupakan jenis badan yang bertekstur halus, putih dan keras bila dibakar. Badan dapat menjadi trasparan atau menutup bila di bakar, tergantung ketebalan atau komposisi masanya. Suhu bakar tinggi ( $1250^{\circ}\text{C}$ ) untuk jenis porcelin lunak dan ( $1400^{\circ}$ ) untuk porcelin keras. Porcelin banyak digunakan untuk keramik industri karena kekuatannya. Badannya dapat di buat dari campuran *kaolin*, *feldspar*, silica dan dibentuk dengan teknik cetakan atau tuang.

#### 2.10.5 Gelas

Barang ini dihasilkan dengan pembakaran bahan mentahnya sehingga cair, kemudian dalam keadaan setengah kental dituangkan kedalam cetakan. Kekerasannya tercapai karena didinginkan kembali. Karena bahan baku utama gelas adalah silikat dan proses pembuatannya melalui proses peleburan dengan suhu tinggi.

#### 2.10.6 Produk Lempung Struktural

Dibuat dari semua jenis bahan tanah liat yang plastis dan mudah dibentuk, dibakar pada suhu maksimum  $1000^{\circ}\text{C}$ . Keramik jenis ini struktur dan teksturnya sangat rapuh, kasar dan masih berpori. Supaya kedap air gerabah kasar harus dilapisi glasir, semen atau bahan pelapis lainnya. Gerabah termasuk keramik berkualitas rendah dibandingkan keramik batu (*stoneware*) dan porselin. Bata, genteng, pot, kendi, gentong dan sebagainya termasuk keramik jenis gerabah. Genteng telah banyak dibuat berglasir dengan warna yang menarik sehingga menambah kekuatannya.

#### 2.10.7 Abrasif

Bahan keramik sebagai alat potong, pengasah, penggosok benda-benda keras misal: amplas, gerinda, *cutting tool* di mesin bubut. bahan yang dipakai adalah batuan silikat, carborundum dan lainnya.

(Astuti,1997)

#### 2.10.8 Keramik Baru

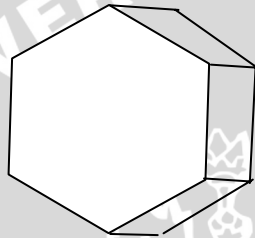
Adalah keramik yang bersifat teknik, diproses untuk keperluan teknologi tinggi seperti peralatan mobil, listrik, konstruksi, komputer, cerobong pesawat, kristal optik, keramik metal, keramik multi lapis, keramik multi fungsi, komposit keramik, silikon, *bioceramic*, dan keramik magnit. Sifat khas dari material keramik disesuaikan dengan

keperluan yang bersifat teknis seperti tahan benturan, tahan gesek, tahan panas, tahan karat, tahan suhu kejut seperti isolator, bahan pelapis dan komponen teknis lainnya

## 2.11 Bahan Baku Keramik

### 2.11.1 Tanah Liat (Lempung)

Tanah liat atau lempung merupakan bahan baku utama keramik karena mempunyai sifat yang mudah di bentuk .Structural kristal tanah liat atau lempung terbentuk dari mineral-mineral yang disebut *kaolit*. Bentuknya seperti lempengan kecil-kecil berbentuk segi enam dengan permukaan datar, bentuk seperti ini menyebabkan tanah liat bila dicampur air mempunyai sifat plastis (liat), mudah di bentuk karena kristal-kristal ini meluncur satu dengan yang lain dan air sebagai pelumasnya.



Gambar 2.1. Bagian kecil dari lempung,( Hartomo ,1992:6)

### 2.11.2 Jenis-jenis tanah liat

Berdasarkan tempat pengendapan tanah liat dapat dibagi kedalam jenis-jenis berikut :

a. Tanah liat residu:

yaitu tanah liat yang terdapat pada tempat dimana tanah liat tersebut terbentuk dimana merupakan hasil pelapukan dari batuan keras. Tanah liat residu ini mempunyai sifat-sifat :

1. Butiran kasar bercampur batu asal yang belum lapuk.
2. Tidak plastis

Contoh : *kaolin*

b. Tanah Liat Endapan.

Yaitu tanah liat yang dipindahkan oleh air, angin, gletser dari tempat batuan induk tanah liat ini biasanya disebut batu sediment. Tanah liat ini mempunyai sifat-sifat :

1. Kurang murni karena tercampur oleh unsur-unsur lain pada waktu perpindahan dari tempat asal.



2. Butiran lebih halus.
3. Lebih plastis.

Contoh tanah liat sungai, tanah marin(laut), tanah rawa dan tanah danau.

### 2.11.3 Sifat-Sifat dan kandungan tanah liat

Tanah liat atau lempung mempunyai sifat fisis dan kimia yang penting untuk pembuatan keramik sifat-sifat keramik :

#### a) Sifat liat (plastis)

Sifat yang memiliki kemampuan untuk dibentuk atau liat

#### b) Sifat *porous*

Merupakan sifat susut kering atau kekuatan untuk kering supaya air plastis mudah menguap pada waktu di keringkan, dan air kimia yang tergantung pada tanah liat dapat dikeluarkan pada waktu permulaan pembakaran untuk menghindarkan retak-retak.

#### c) Sifat menggelas

Dikarenakan tanah liat harus menjadi padat, keras dan kuat (menggelas) pada suhu yang diperlukan untuk membuat keramik. Dimana penggelasan adalah proses pencairan dalam bagian-bagian tertentu tanah liat.

(Astuti,1997:16)

### 2.12 Sifat-sifat bahan baku keramik

Sebagai bahan baku keramik adalah batuan dari mineral, sedang berdasarkan sifat bahan baku keramik di bedakan menjadi 3 bagian yaitu:

#### 2.12.1 Bahan baku plastis

Bahan baku yang dipakai dalam industri yang terpenting adalah tanah liat (*clay*), karena bahan ini mengandung sifat:

1. Dengan sejumlah cairan tertentu menjadi plastis dan dapat dibentuk.
2. Mempunyai daya ikat untuk bahan-bahan yang tidak plastis
3. Setelah mengalami proses pada temperature tinggi, yaitu lebih dari 800 °C tanpa meleleh dan kehilangan bentuk



Yang termasuk bahan baku plastis yaitu :

**a. Kaolin**

Sebenarnya kaolin adalah tanah liat yang mengandung mineral *kaolinit* sebagai bagian yang terbesar dan masuk jenis tanah liat primer. Sifat dan keadaan bahan :

1. Berbutir kasar.
2. Rapuh dan tidak plastis jika di bandingkan dengan lempung sedimenter, karena itu sulit di bentuk.
3. Warna putih karena kandungan besinya paling rendah

Karena jenis kaolin tidaklah sangat plastis, maka taraf penyusutan dan kekuatan keringnyapun lebih rendah dan sangat tahan api, maka tanah ini tidak dapat dipakai begitu saja untuk membuat barang-barang keramik, melainkan harus dicampur dulu dengan bahan-bahan lainnya. *Ball clay* di tambahkan untuk menambah keplastisan Dan bahan pelebur ditambahkan untuk mengurangi ketahanan api karena bakaran kaolin sangat tinggi, titik lelehnya sampai 1800 °C. Bahan ini di pakai dalam :

1. Keramik halus (gerabah putih atau *white earthenware*) dan porselin, baik sebagai salah satu komponen dalam badan maupun glasir.
2. Barang barang tahan api dalam bata-bata kaolin
3. Bahan bangunan keramik seperti porselin.

**b. Ball Clay**

Adalah sejenis tanah liat yang bersifat plastis mengandung kadar *silica* dan alumina yang tinggi. *Ball clay* biasanya berwarna abu-abu tua karena adanya karbon. makin banyak karbon yang di kandung *ball clay* makin bersifat plastis. *Ball clay* di gunakan hanya untuk memberikan pertolongan selama pembentukan, karena kwarsa dan *feldspar* tidak plastis, sifat-sifat dan keadaan bahan :

1. Memiliki ukuran partikel yang halus .
2. Sifat Plastis yang tinggi .
3. Memiliki kekuatan kering yang tinggi
4. Penyusutan pada saat pengeringan dan pembakaran tinggi.
5. Warna setelah pembakaran abu-abu muda karena unsur besinya lebih tinggi di banding *kaolin*.

### 2.12.2 Bahan baku non Plastis

Bahan dasar non plastis yang terpenting dalam pembuatan keramik adalah *feldspar* dan  $\text{SiO}_2$  atau pasir silica. Bentuk terbanyak berupa pasir kwarsa. Bahan yang termasuk jenis ini adalah:

#### a. *Feldspar*

Bahan ini merupakan suatu kelompok mineral yang berasal dari batuan karang yang di tumbuk dan dapat memberikan 25%-40% *flux* (pelebur) kepada badan keramik. Pada saat keramik di bakar *feldspar* meleleh dan membentuk lelehan gelas yang menyebabkan partikel-partikel *clay* bersatu bersama, didalam gelas ini memberikan kekuatan dan kekerasan pada badan keramik. Bahan ini sangat berguna karena banyak mengandung soda dan potash tidak larut dalam air, sedangkan soda dapat larut dalam air. *Feldspar* sangat aktif melarutkan bahan kwarsa *clay* (lempung) membentuk badan yang sangat kental yang akan merekatkan bahan-bahan tidak larut dan tidak menyebabkan badan padat, tidak tembus air dan tidak tembus sinar. Komposisinya juga bermacam-macam, yang banyak mengandung kalium ( $\text{K}_2\text{O}$ ) dipakai masse keramik, sedang yang banyak mengandung natrium di pakai membuat glasir.

Glasir-glasir *feldspar* cenderung menghasilkan efek putih susu, karena adanya gelembung-gelembung yang sangat halus pada badan glasir. *Feldspar* mengandung semua bahan-bahan penting untuk membentuk glasir suhu tinggi. Tetapi agar memuaskan di perlukan tambahan *Flint*, *Whiting* atau *Kaolin*. Bahan ini banyak dipakai pada keramik halus.

Sifat-sifat yang dimiliki *feldspar* :

1. Sebagai bahan pelebur
2. *Feldspar* merupakan bahan yang tidak plastis, sehingga dapat mengurangi susut kering dan kekuatan kering.
3. Meredakan temperatur bakar dari bahan-bahan lain

#### b. *Kwarsa*

Merupakan bahan yang penting dalam membentuk keramik. Kwarsa merupakan bentuk lain dari batuan *silica*. Tujuan pemakaian kwarsa ini ialah:



1. Mengurangi susut kering, jadi mengurangi retak-retak dalam pengeringan.
2. Mengurangi susut waktu dibakar dan mempertinggi kualitas.
3. Merupakan rangka selama pembakaran.

Bahan ini di gunakan dalam keramik halus (campuran dalam badan maupun glasir)

### 2.12.3 Bahan baku pembantu

#### a. Gypsum.

*Gypsum* memiliki sifat larut dalam air. Keuntungan dari pemakaian gypsum

1. Memiliki prosedur yang sederhana dalam pembuatan cetakan
2. Memiliki prioritas yang baik

#### b. Water Glass

Berfungsi sebagai bahan pengikat bahan-bahan baku pada pembuatan slip. Bila *water glas* terlalu banyak di gunakan maka slip akan mengendap. Sedangkan bila terlalu sedikit, slip akan sulit mencair dan sulit dicetak

(Astuti 1997:19)

## 2.13 Proses Pembuatan Keramik

### 2.13.1 Pengolahan tanah liat

Tanah liat untuk keramik harus diolah terlebih dahulu sebelum tanah tersebut siap dibentuk. Karena hampir semua tanah bentuk aslinya mengandung banyak *grit* (bahan yang kasar dalam bahan yang halus) yang harus dipisahkan dahulu sebelum tanah tersebut dipakai. Ada dua cara pengolahan tanah yaitu :

#### a. Cara kering

Bila lempung mengandung batuan yang berbutir kasar dan keras, diperlukan alat penghancur atau penggiling dan ayakan untuk melumatkan dan memisahkan butiran-butiran dari yang halus. Kemudian dicampur air secukupnya hingga didapat adonan lempung yang cukup plastis



### b. Cara basah

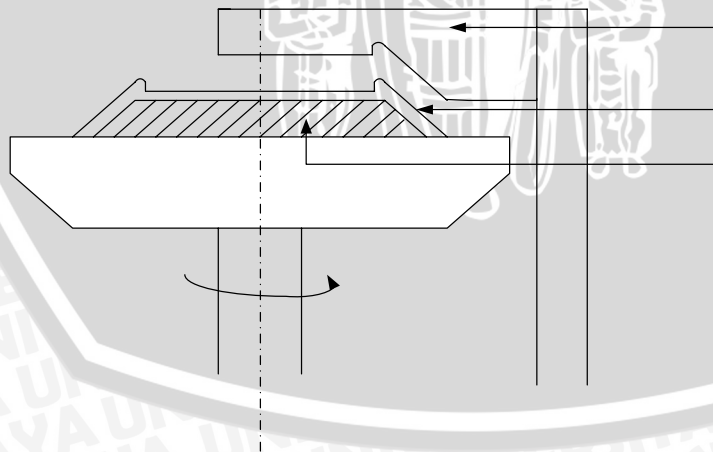
Pemisahan kotoran-kotoran tanah ini dilakukan dengan pencucian tanah dengan air. Prosesnya sangat sederhana Tanah dicampur dengan banyak air, membentuk suatu adonan yang encer dalam bak pengaduk, lalu disaring lalu dibiarkan menggendap dalam suatu endapan kotoran-kotoran halus yang dapat melalui ayakan akan terendapkan sedang bahan yang sangat halus yang masih belum mengendap disaring lagi serta akhirnya dikeringkan. Jika akan digunakan untuk pembentukan, lempung kering yang telah di saring halus tersebut kemudian dicampur dengan air secukupnya sehingga diperoleh adonan tanah yang secukupnya.

#### 2.13.2 Pembentukan

Bahan baku yang sudah menjadi *slip* akan dibentuk benda-benda keramik biasanya plastis atau berupa cairan, dapat pula tepung atau gumpalan keras. Cara membentuknya dilihat dari bentuk bahan baku dan jenis apa yang akan di buat ada bermacam-macam, diantaranya adalah:

##### a. Tanah liat Plastis

Seperti biasa tanah dicampur hingga mencapai taraf plastis yang diperlukan. Pembentukan bila bahan baku yang sudah menjadi bentuk slip dalam keadaan plastis biasanya dilakukan dengan cara *ekstrusi* dan *jigger* serta ditekan.



Gambar 2.2 Bagan piranti *jigger*. (Hartomo,1992 :25)

##### b. Tanah liat berupa larutan

Pembentukan ini di gunakan untuk membuat barang-barang keramik seni dalam jumlah yang banyak dan bentuk yang sama dapat digunakan dengan

tanah liat berupa campuran. Prinsipnya adalah slip (larutan lempung yang tidak terlalu encer) dituang dalam cetakan gips. Karena cetakan ini menyerap air, maka pada permukaan cetakan ini akan terbentuk kulit tanah. Jika kulit tanah ini sudah cukup tebalnya, kebanyakan dituang kembali dan kulit yang tertinggal dibiarkan kering dan menyusut. Setelah menyusut benda akan terlepas dengan sendirinya. Benda dikeluarkan dan dikeringkan, cara seperti ini dilakukan dengan cetakan tuang.

c. Tanah liat berupa tepung atau serbuk

Lempung berupa tepung dan hanya mengandung cairan 10-20 % saja, cukup untuk menjadi padat dengan tekan. Adalah yang disebut tekan kering (*dry pressing*). Benda-benda keramik dibentuk dengan cetakan menggunakan tekanan.

d. Tanah liat dalam keadaan kering dan padat

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

### 2.13.3 Pengeringan

Proses pengeringan dilakukan untuk menghilangkan kadar air yang ada dalam badan keramik. Mengeringkan badan keramik berarti menghilangkan apa yang disebut air plastis saja. Sedang air yang terikat dalam molekul tanah liat (air kimia) hanya bisa dihilangkan dalam pembakaran.

Proses pengeringan biasanya diikuti dengan proses penyusutan tanah liat yang plastis lebih banyak menyusut dibandingkan dengan tanah liat yang rapuh (berbutir kasar)

Tujuan pengeringan :

- a. Memberikan kekuatan pada keramik mentah sehingga dapat disusun dalam tungku.
- b. Menghilangkan kadar air yang berlebihan, yang menimbulkan kesukaran-kesukaran dalam pembakaran.

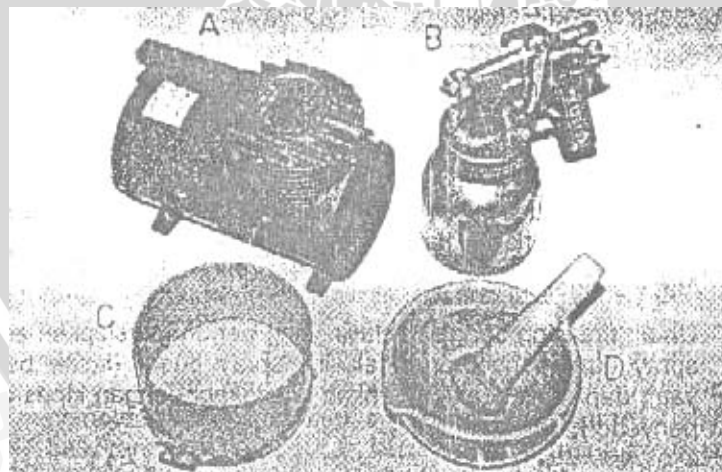
(Hartomo, 1992:28)



### 2.13.4 Pengglasiran

Tujuan untuk memperhalus permukaan keramik, melindungi, dekorasi, dan memperindah dengan variasi warna. Pengglasiran dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu :

1. Dengan sikat atau kuas  
 Glasir dipulaskan pada badan keramik dengan menggunakan kuas atau sikat seperti pada proses pengecatan, karena badan keramik menghisap air dengan cepat maka pemulasan harus dilakukan dengan cepat.
2. Dengan pencelupan  
 Dilakukan dengan cara mencelupkan *body* keramik pada glasir (larutan kental).
3. Dengan penuangan  
 Dalam proses ini dibutuhkan pengglasiran badan keramik bagian dalamnya saja yang sukar dilakukan dengan jalan lain.
4. Dengan penyemprotan  
 Proses ini sering digunakan untuk pengglasiran badan yang berukuran besar atau keramik yang sudah didekorasi, dimana caranya dengan disemprotkan.



Gambar 2.3. : Alat pengglasiran A Mesin kompresor , B *Spray gun*, C saringan atau ayakan, D *Mortar* penggerusan untuk menggerus bahan glasir



## 2.14 Pembakaran

### 1. Tahap menghilangkan uap air

Suhu yang diperlukan pada tahap ini adalah suhu kamar sampai dengan  $500^{\circ}\text{C}$ . Dimana pada tahap ini air yang terikat pada molekul tanah liat (air kimia) menguap, selain itu juga unsur karbon dan unsur organik dibakar habis. Pembakaran pada tahap ini dilakukan secara bertahap terutama bila barang yang dibakar berukuran besar, dimaksudkan agar uap air tidak dapat keluar segera dari pori-pori sehingga tidak menimbulkan letusan. Setelah air habis pada suhu  $350^{\circ}\text{C}$  -  $400^{\circ}\text{C}$  zat organik dan karbon terbakar habis.

### 2. Tahap penggelasan atau pengerasan

Suhu penggelasan dimulai dari suhu  $500^{\circ}\text{C}$  sampai terjadi taraf penggelasan pada suhu  $800^{\circ}\text{C}$ - $1400^{\circ}\text{C}$ . Pada umumnya pada tahap ini pembakaran lebih cepat, tetapi jika tanahnya mengandung silika dalam bentuk pasir flint pembakaran harus diperlambat. Sebab dalam fase pembakaran struktur hablur/kristal silika akan berganti-ganti pada temperatur tertentu. Pembakaran struktur yang paling menentukan adalah pada suhu  $537^{\circ}\text{C}$ . Dimana pada suhu ini tungku pembakaran menjadi merah panas dan terjadi pergantian fisik (perubahan volume yang cepat) dari silika yang membuatnya mengembang. Karena itu pembakaran tidak boleh terlalu cepat terutama untuk benda-benda yang besar dan banyak mengandung silika akan terjadi tekanan padanya sehingga mungkin pecah pada pergantian volume tadi. Suhu  $573^{\circ}\text{C}$  ini merupakan titik kritis dalam pembakaran tahap penggelasan juga dalam tahap pendinginan. Sebab dalam tahap pendinginan struktur silika akan berubah lagi dengan cepat dan menyusut pada suhu  $573^{\circ}\text{C}$ . Titik ini disebut inversi kwarsa.

### 3. Tahap pendinginan

Dalam tahap pendinginan bila suhu  $800^{\circ}\text{C}$ - $1400^{\circ}\text{C}$  telah tercapai dan keramik telah matang, jika ada lubang udara atau tutup jangan langsung dibuka, agar pendinginan bisa diperlambat. Karena pada suhu  $573^{\circ}\text{C}$  akan terjadi lagi pergantian struktur silika dan juga menghindari retak-retak pada benda.

### 2.15 Kekuatan Keramik

Sebelum dilakukan pembakaran keramik merupakan campuran dari beberapa bahan dengan anorganik dengan komposisi tertentu, kekuatan bahan keramik dipengaruhi oleh komposisi dan ukuran butir serta geometrinya. Pada saat bahan keramik dibakar keramik mentah mengalami pemampatan akibat peleburan dan pengurangan porositas. Pengerutan yang di sertai pertukaran bahan keramik pada saat pembakaran mengakibatkan perekatan bahan keramik sehingga porositas berkurang dan keramik akan bertambah kuat.



Butir bahan keramik sebelum dibakar

Butir bahan keramik saat dibakar

Gambar 2.4 pemampatan karena leburan dan pengurangan pori.

Sumber : ( Hartomo ,1992:28)

Agar keramik lebih kuat maka dilakukan pengkondisian termal, dikenal berbagai lakukan termal pada keramik yaitu:

- a. *Anneling* : penghilangan tegangan termal yang ada karena saat pembuatan dilakukan pendinginan cepat.
- b. *Tempering* : memberikan tegangan permukaan tekan dengan pendinginan cepat, setelah annealing yang menghilangkan tegangan sisa.
- c. Penguatan kimia : memberikan tegangan tekan pada permukaan keramik dengan mengubah kimianya.
- d. *devirifikasi* : ini cara pembentukan tegangan kempaean kompresif dalam bahan gelas dengan pengintian terkontrol dan pengkristalan dalam keramik.

### 2.16 Kekerasan Keramik

Pengujian kekerasan menggunakan metode *brinell*. Pengukuran kekerasan ini dilakukan dengan cara menekan secara tegak lurus bola baja yang sudah diketahui diameternya pada permukaan benda uji. Bekas yang ditimbulkan pada permukaannya diukur kekerasannya dihitung dengan rumus :

$$BHN = \frac{2P}{\pi.D.[D.(D^2 - d^2)^{0.5}]} \dots\dots\dots(2-1)$$

Keterangan :

BHN : Angka kekerasan Brinell Hardnes Number

P : Beban yang dikenakan (Kg)

D : Diameter bola baja (mm)

d : Diameter bekas tusukan (mm)

### 2.17 Elastisitas Badan Keramik Sebelum Dibakar

- Pengujian elastisitas badan keramik

Elastisitas suatu material dapat ditentukan melalui standart pegujian. Metode-metode utama yang sering digunakan adalah pengujian tarik. Tegangan tarik didefinisikan sebagai distribusi gaya tarik persatuan luas penampang bahan, yang mana dirumuskan : (Pranoto; Bardji Hadi : 1992:70)

$$St = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2-2)$$

Keterangan :

St = tegangan tarik (N/cm<sup>2</sup>)

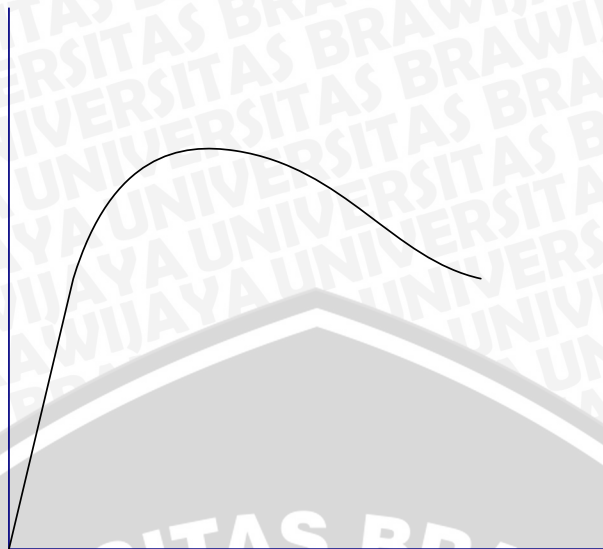
P = beban tarik (N)

A = luas penampang (cm<sup>2</sup>)

Maka data yang dapat diambil dari pengujian tarik adalah :

- Kekuatan tarik (*tensile strength*)
- Bentuk patahan





Gambar 2.5 Diagram tegangan regangan

(As'ad Munawir, Juni Doloksaribu, Pengaruh waktu perawatan terhadap perilaku tegangan regang dengan pengujian triaksial(UU) untuk tanah lempung yang dipadatkan :15)

Untuk pengujian badan keramik akan menggunakan alat *Universal Strength Machine*.

Spesifikasi alat:

- Merk : *Georg Fischer*
- Buatan : Jerman Barat



Gambar 2.6 alat *Universal Strength Machine*.

### 2.18 Hipotesa

Hipotesis penelitian adalah jawaban sementara terhadap masalah penelitian kebenarannya masih harus di uji, sehingga fungsi hipotesis yang utama ialah membuka kemungkinan untuk menguji kebenaran suatu teori. Dalam penelitian ini diambil suatu hipotesis :

Komposisi *feldspar* akan mempengaruhi kekuatan tarik sebelum dibakar dan kekerasan sesudah di bakar pada keramik.



## BAB III

### METODELOGI PENELITIAN

#### 3.10 Metodologi Penelitian

Pada penelitian skripsi ini, secara garis besar metode yang digunakan adalah eksperimen sejati (*true experiment research*) yaitu penelitian untuk menyelidiki hubungan sebab-akibat dengan cara mengenakan kepada satu atau lebih kelompok eksperimental satu atau lebih kondisi perlakuan dan membandingkan hasilnya dengan satu atau lebih kelompok kontrol yang tidak dikenai kondisi perlakuan.

#### 3.11 Variabel Yang Diteliti

##### a. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan sebelum penelitian. Variabel bebas yang digunakan adalah perbandingan kandungan *feldspar* (F1=20 ; F2=25 ; F3=30 ; F4=35 ; F5=40 ; F6=45 ) dalam berat (gr)

##### b. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya bergantung dari variabel bebas.

1. Kekerasan (BHN.)
2. Kekuatan tarik (  $N/cm^2$  )

#### 3.12 Tempat Dan Waktu Penelitian

Pembuatan *spesiment* dilakukan di Perusahaan Keramik Malang, yang berada di Jl. Mayjen Panjaitan. Untuk pengujian tarik Laboratorium Pengecoran Logam Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang dan kekerasannya dilakukan di Laboratorium Uji Bahan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.

#### 3.13 Persiapan Penelitian

##### 3.13.1 Bahan Baku

Dalam melakukan penelitian, sebelumnya harus dipersiapkan komposisi bahan baku yang akan dipakai, dimana bahan baku utamanya adalah *kaolin*, *feldspar*, *kwarsa*, dan *ball clay* dan komposisinya adalah:



Tabel 3.1: Komposisi Bahan Baku Spesimen

No	Perlakuan	Komposisi Bahan Baku			
		Kaolin (gr)	Feldspar (gr)	Kwarsa (gr)	Ball Clay (gr)
1	I	40	20	25	23
2		40	20	25	23
3		40	20	25	23
4		40	20	25	23
5		40	20	25	23
6		40	20	25	23
7	II	40	25	25	23
8		40	25	25	23
9		40	25	25	23
10		40	25	25	23
11		40	25	25	23
12		40	25	25	23
13	III	40	30	25	23
14		40	30	25	23
15		40	30	25	23
16		40	30	25	23
17		40	30	25	23
18		40	30	25	23
19	IV	40	35	25	23
20		40	35	25	23
21		40	35	25	23
22		40	35	25	23
23		40	35	25	23
24		40	35	25	23
25	V	40	40	25	23
26		40	40	25	23
27		40	40	25	23
28		40	40	25	23
29		40	40	25	23

30	VI	40	40	25	23
31		40	45	25	23
32		40	45	25	23
33		40	45	25	23
34		40	45	25	23
35		40	45	25	23
36		40	45	25	23

### 3.13.2 Bahan Cetakan

Bahan yang digunakan untuk membuat cetakan adalah gipsum karena memiliki sifat sulit larut dalam air dan memiliki porositas yang baik.

### 3.13.3 Alat-alat dan bahan penunjang

Alat-alat yang dibutuhkan dalam pembuatan keramik adalah sebagai berikut:

- a. Ayakan *100 mesh*, yang digunakan untuk mengayak bahan baku agar diperoleh bahan dengan partikel yang halus.
- b. Wadah plastik, digunakan sebagai tempat campuran bahan baku.
- c. *Pot Mill*, digunakan untuk mengaduk bahan baku supaya lebih halus dan homogen.
- d. Timbangan, digunakan untuk menimbang bahan baku.
- e. Tungku pembakaran, untuk membakar *spesimen*.

Bahan penunjangnya adalah:

Air digunakan untuk membuat *slip*

### 3.14 Proses Pembuatan *Spesimen*

1. Mengayak bahan baku sehingga diperoleh yang paling halus, supaya dalam proses penghalusan lebih cepat, dan menimbang sesuai dengan komposisi yang akan dibuat.
2. Mencampur ke 4 bahan baku, kemudian dicampur dengan air 100% dimasukkan dan digiling dalam *Pot Mill* selama 6 jam seterusnya disaring dengan saringan *100 mesh* supaya diperoleh *slip* yang halus.
3. Mempersiapkan cetakan gipsum, menuangkan *slip* secara perlahan-lahan ke dalam cetakan, setiap kali terjadi penurunan permukaan, menambah

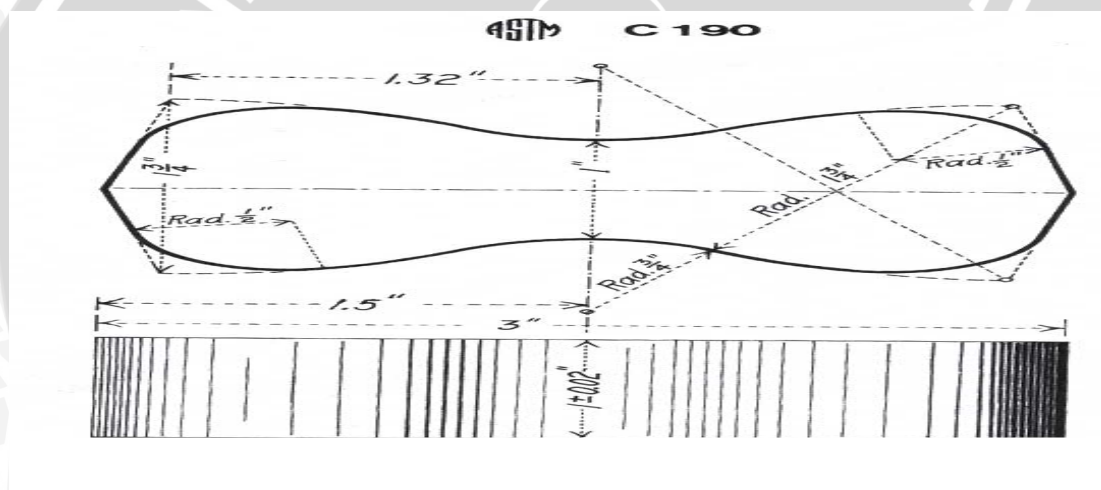
slip (Larutan bahan keramik) kembali secara perlahan-lahan, demikian seterusnya. Setelah tidak terjadi penurunan cetakan didiamkan  $\pm 10$  menit, kemudian dikeluarkan dari cetakan dan dibersihkan dari sisa-sisa.

4. Spesimen yang baru dikeluarkan dikeringkan pada udara terbuka.
5. Setelah kering dibakar pada tungku dengan suhu sampai  $1250^{\circ}\text{C}$  sampai kurang lebih 24 jam.

### 3.15 Pelaksanaan Uji Tarik

#### Pengujian Tarik Keramik

Spesimen uji tarik dibuat dengan bentuk batangan keramik. Kemudian dilakukan pengujian material sebanyak 6 kali ulangan untuk masing-masing kandungan *felspar* pada mesin uji tarik, untuk dimensi specimen tarik dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini:



Gambar 3.1 *Specimen uji tarik*

Sumber *ASTM C 190 Standart Test Methode for Briquet Specimen Tensile Strength Test*

Langkah- langkah pengujian tarik badan keramik sebelum dibakar :

- 1) Ambil 100 gram, bahan baku yang telah disiapkan lalu dibuat spesimen uji tarik sesuai dengan dimensi yang ada dalam *sand ramer* (alat ini digunakan untuk pemadatan pasir cetak) sebanyak 6 buah.
- 2) Pasang kepala uji tarik pada alat uji tekan pada alat pengujian kekuatan pasir cetak.
- 3) Letakan spesimen pada kepala uji tarik pasir cetak secara hati-hati
- 4) Putar *handwheel* secara terus menerus dengan putaran konstan dan perlahan-lahan hingga spesimen hancur.



- 5) Baca dan catat besar kekuatan tarik pasir cetak tersebut (lengkap dengan satunya) pada skala yang paling luar yang terdapat pada alat uji tarik pasir cetak.

Lakukan langkah-langkah seperti diatas untuk *spesimen* selanjutnya.

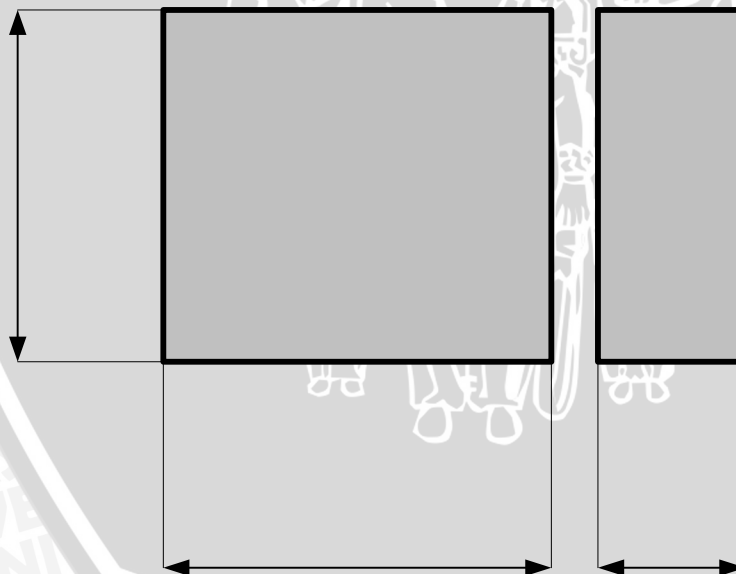
### 3.16 Pelaksanaan Uji Kekerasan

#### Pengujian Kekerasan Keramik

Spesimen uji kekerasan dibuat dengan bentuk batangan keramik. Kemudian dilakukan pengujian material sebanyak 6 kali ulangan untuk masing-masing kandungan *feldspar* pada mesin uji kekerasan, Untuk dimensi *specimen* kekerasan dapat dilihat pada tabel dan sesuai gambar 3.2 berikut ini:

Tabel 3.2 : Dimensi Spesimen Pengujian Kekerasan

<i>Spesimen Type</i>	<i>Length, l</i>	<i>Thickness, h</i>
1	50 mm	10 mm



Gambar 3.2 : Spesimen uji kekerasan

Dalam pengujian kekerasan, pengujian yang digunakan adalah dengan *Brinell*.

Langkah kerja untuk metode *Brinell*:

1. Mempersiapkan benda uji
2. Beban yang digunakan 12,400 kg

3. Meletakkan benda uji pada mesin *Brinell*, tempatkan benda uji menempel dengan *indentor* yaitu dengan memutar *handell*.
4. Posisi penempelan benda uji dengan *indentor* yang diatur dengan memutar *handell*, harus hati-hati, karena dengan memutar *handell* akan memutar skala penunjuk. Posisikan jarum penunjuk pada nol.
5. Setelah diposisikan nol maka selanjutnya *Handell* pengunci beban dilepas kemudian tekan tombol pembebanan.
6. Kita baca Skala penunjuk angka kekerasan dari benda uji.
7. *Handell* pengunci kita kembalikan ke posisi semula

### 3.8 Analisis Statistik

Analisis statistik yang digunakan, dibantu dengan program Exel yang merupakan program untuk mempermudah perhitungan statistik.

Penelitian ini menggunakan analisis varian satu arah. Dari analisis varian satu arah ini diketahui ada tidaknya pengaruh *feldspar* pada keramik terhadap nilai kekerasan setelah dibakar dan kekuatan tarik sebelum dibakar. Harga kekerasan dan kekuatan tarik, untuk tiap komposisi dianggap  $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6$  maka hipotesis penelitian ini bisa ditulis sebagai berikut:

$H_0 = F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = F_5 = F_6$  (tidak ada pengaruh nyata).

$H_1 = F_1 \neq F_2 \neq F_3 \neq F_4 \neq F_5 \neq F_6$  (ada pengaruh nyata)

Semua kondisi perlakuan dianggap sama, pengamatannya dapat ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 3.1 : Rancangan Penelitian

Perlakuan Ulang	Komposisi Bahan			
	F	F2	F3	Fn
Pengamatan	Y11	Y12	Y13	YnJ
	Y21			
	Y31			
	Yn1			YnJ
	Jumlah			
Nilai Rata-rata	Y1	Y2	Y3	YJ

Sumber : Hifni, M. 1991,23

Berdasarkan data-data ditabel dapat dihitung, antara lain:

- Faktor koreksi (fk)

$$fk = \frac{\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij} \right]^2}{\sum ni} \dots\dots\dots (3-1)$$

- Jumlah kuadrat total (JKT)

$$JKT = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - fk \dots\dots\dots (3-2)$$

- Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)

$$JKP = \frac{\sum_{j=1}^k \left[ \sum_{i=1}^n Y_{ij} \right]^2}{ni} - fk \dots\dots\dots (3-3)$$

- Jumlah kuadrat galat (JKG)

$$JKG = JKT - JKP \dots\dots\dots (3-4)$$

- Kuadrat tengah perlakuan (KTP)

$$KTP = \frac{JKP}{k-1} \dots\dots\dots (3-5)$$

- Kuadrat tengah galat (KTG)

$$KTG = \frac{JKG}{db} \dots\dots\dots (3-6)$$

- Nilai Fhitung

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG} \dots\dots\dots (3-7)$$

Untuk uji analisis varian dibuat tabel analisis satu arah yaitu:

Tabel 3.2 : Tabel Analisis Varian

Sumber Varian	JK	Db	KT	Fhitung	Ftabel
Perlakuan	k-1	JKP	KTP	KTP/KTG	
Galat	n-k	JKG	KTG		
Total	n-1	JKP+JKG			

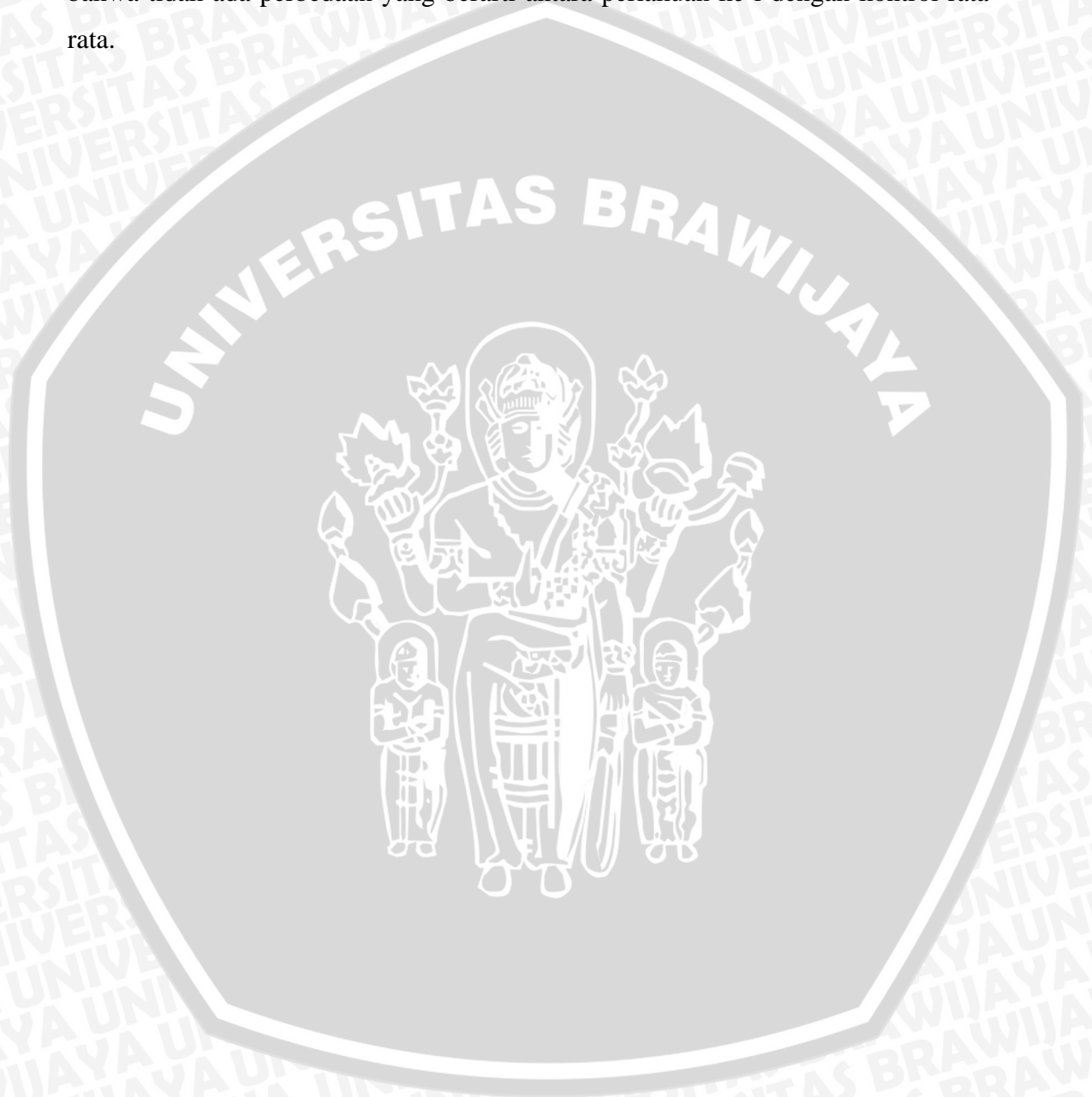
Sumber : Hifni. M, 1991,23

Penyajian adanya pengaruh tidaknya perlakuan adalah dengan cara membandingkan

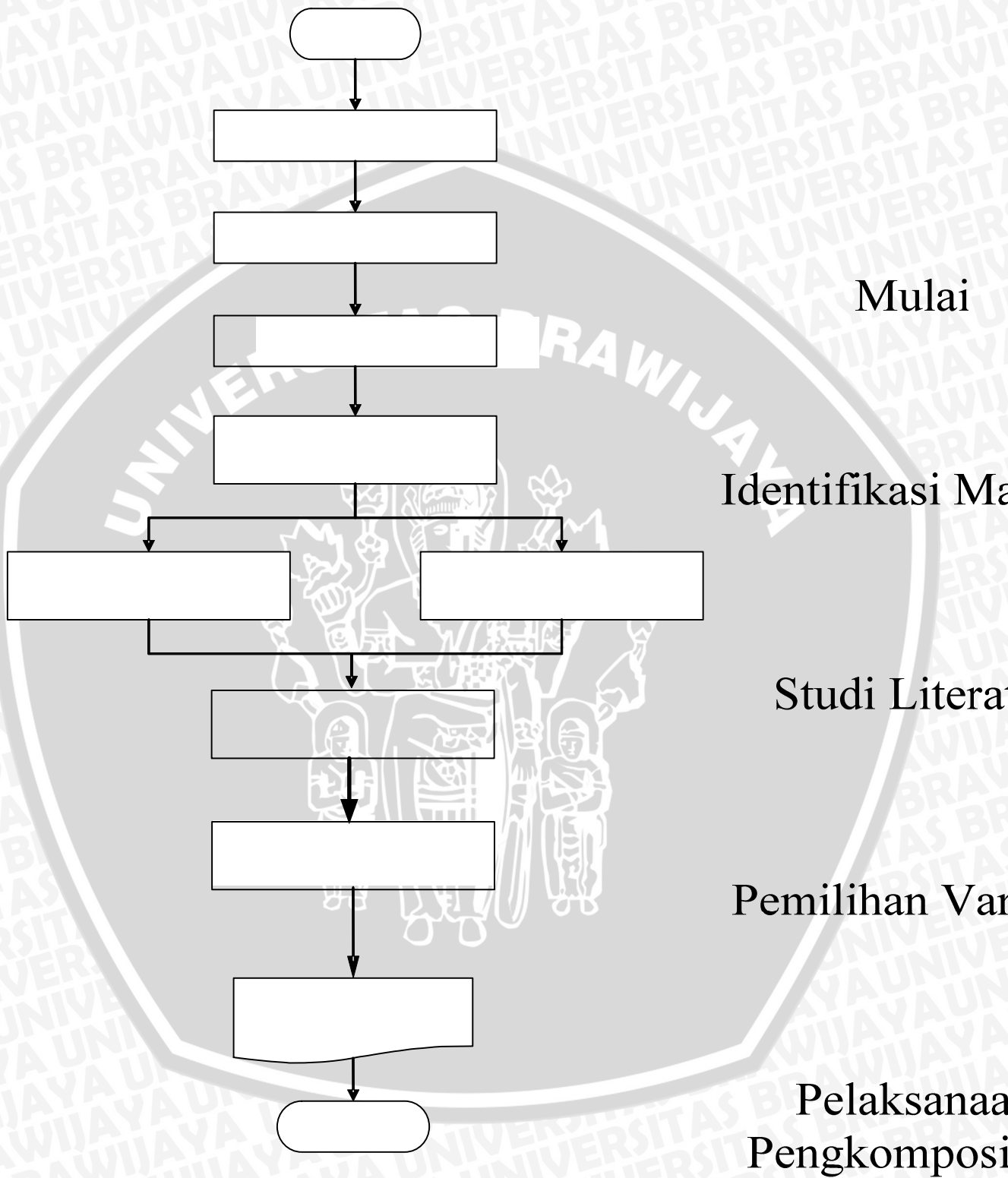
Fhitung dengan Ftabel, sehingga:



- Jika  $|F_{hitung}| > F \left[ \frac{\alpha}{2}; k; db \right]$  berarti  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  terima, 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  $H_0$  diterima dan  $H_1$  di tolak, ini menyatakan bahwa tidak ada perbedaan yang berarti antara perlakuan ke-i dengan kontrol rata-rata.



3.17 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3 Diagram alir penelitian

Pengujian Kekuatan Tarik

## BAB IV

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Data Hasil pengujian

Dari hasil penelitian didapat data kekerasan (BHN) pada tabel 4.1 dan kekuatan tarik  $N/cm^2$  pada tabel 4.2. dengan melakukan pengulangan pada setiap komposisi sebanyak enam kali didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.1. Data Hasil Pengujian tarik

No	KOMPOSISI FELDSPAR					
	20gr	25gr	30gr	35gr	40gr	45gr
	Data hasil pengujian tarik $N/cm^2$					
1	1.20	1.10	1.00	1.00	0.90	0.70
2	1.15	1.10	0.90	0.90	0.85	0.80
3	1.10	1.10	1.00	0.95	0.90	0.85
4	1.05	1.10	1.10	0.90	0.90	0.80
5	1.15	1.00	1.05	1.00	0.85	0.70
6	1.10	1.05	1.00	1.00	0.85	0.70
Rata-rata	1.13	1.08	1.01	0.96	0.88	0.76

Tabel 4.2. Data Hasil Pengujian Kekerasan

No	KOMPOSISI FELDSPAR					
	20gr	25gr	30gr	35gr	40gr	45gr
	Data hasil pengujian kekerasan (BHN)					
1	170	175	164	158	142	130
2	165	173	164	157	140	130
3	170	173	162	159	139	134
4	168	175	160	159	138	135
5	168	175	163	157	140	132
6	169	173	160	157	140	132
Rata-rata	168.3	174.0	162.2	157.8	139.8	132.2

#### 4.2. Analisis Varian Satu Arah

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh *feldspar* terhadap kekerasan dan kekuatan tarik dapat diketahui dari hasil analisa variannya. Apabila nilai  $F_{hitung}$  yang diperoleh lebih besar dari  $F_{tabel}$  berarti faktor yang diuji memberikan pengaruh yang nyata. Namun apabila  $F_{hitung}$  lebih kecil dari  $F_{tabel}$  maka faktor yang diuji tidak memberikan pengaruh nyata.



#### 4.2.1. Analisis Varian Satu Arah kekuatan tarik Keramik Sebelum di Bakar

- Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{\left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Y_{ij} \right)^2}{\sum ni} \dots\dots\dots (4-1)$$

$$= \frac{(34,8000)^2}{36}$$

$$= 33,6400$$

- Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)

$$JKP = \frac{\sum_{j=1}^k \left( \sum_{i=1}^n Y_{ij} \right)^2}{ni} - FK \dots\dots\dots (4-2)$$

$$= \frac{(205,0950)}{6} - 33,6400$$

$$= 0,5425$$

- Jumlah Kuadrat Total (JKT)

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

$$= (34,2650 - 33,6400)$$

$$= 0,6250$$

- Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

$$JKG = JKT - JKP \dots\dots\dots (4-4)$$

$$= (0,6250 - 0,5425)$$

$$= 0,0825$$

- Kuadra Tengah Perlakuan (KTP)

$$KTP = \frac{JKP}{k-1} \dots\dots\dots (4-5)$$

$$= \frac{0,5425}{5}$$

$$= 0,1085$$

- Kuadrat Tengah Galat

$$\begin{aligned} \text{KTG} &= \frac{JKG}{db} \dots\dots\dots (4-6) \\ &= \frac{0,0825}{30} \\ &= 0,0028 \end{aligned}$$

- Nilai  $F_{\text{hitung}}$

$$\begin{aligned} F_{\text{hitung}} &= \frac{KTP}{KTG} \dots\dots\dots (4-7) \\ &= \frac{0,1085}{0,0028} \\ &= 39,4545 \end{aligned}$$

Untuk lebih jelasnya hasil-hasil perhitungan diatas dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.3 Anova Satu Arah Untuk Kekuatan *tarik*

Sumber varian	JK	db	KT	$F_{\text{hitung}}$	$F_{\text{tabel}}$
Perlakuan	0,5425	5	0,1085	39,4545	2,53
Galat	0,0825	30	0,0028		
Total	0,625	35			

Dari tabel analisis varian satu arah diatas diperoleh  $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ , sehingga dapat disimpulkan bahwa besarnya perbandingan komposisi *feldspar* mempunyai pengaruh yang nyata terhadap kekuatan tarik keramik

#### 4.2.1. Analisis Varian Satu Arah Kekerasan Keramik Sesudah di Bakar

- Faktor Koreksi (FK)

$$\begin{aligned} \text{FK} &= \left( \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Y_{ij}}{\sum ni} \right)^2 \dots\dots\dots (4.1-1) \\ &= \frac{(5606,0000)^2}{36} \\ &= 872978,7778 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)

$$\begin{aligned} JKP &= \frac{\sum_{j=1}^k \left( \sum_{i=1}^n Y_{ij} \right)^2}{ni} - FK \dots\dots\dots (4.1-2) \\ &= \frac{(5286344,0000)}{6} - 872978,7778 \\ &= 8078,5556 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$\begin{aligned} JKT &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - FK \dots\dots\dots (4.1-3) \\ &= (881132,0000 - 872978,778) \\ &= 8153,2222 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

$$\begin{aligned} JKG &= JKT - JKP \dots\dots\dots (4.1-4) \\ &= 8153,2222 - 8078,5556 \\ &= 74,6667 \end{aligned}$$

- Kuadrat Tengah Perlakuan (KTP)

$$\begin{aligned} KTP &= \frac{JKP}{k-1} \dots\dots\dots (4.1-5) \\ &= \frac{8078,5556}{5} \\ &= 1615,7111 \end{aligned}$$

- Kuadrat Tengah Galat

$$\begin{aligned} KTG &= \frac{JKG}{db} \dots\dots\dots (4.1-6) \\ &= \frac{74,6667}{30} \\ &= 2,488889 \end{aligned}$$

- Nilai  $F_{hitung}$

$$\begin{aligned} F_{hitung} &= \frac{KTP}{KTG} \dots\dots\dots (4.1-7) \\ &= \frac{1615,7111}{2,488889} \\ &= 649,1696 \end{aligned}$$



Untuk lebih jelasnya hasil-hasil perhitungan diatas dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut ini:

Tabel 4.4 Anova Satu Arah Untuk Kekerasan

Sumber varian	JK	db	KT	$F_{hitung}$	$F_{tabel}$
Perlakuan	8078,5556	5	1615,7111	649,1696	2,53
Galat	74,6667	30	2,488889		
Total	8153,2223	35			

Dari tabel analisis varian satu arah diatas diperoleh  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , sehingga dapat disimpulkan bahwa besarnya perbandingan komposisi *feldspar* mempunyai pengaruh yang nyata terhadap kekerasan keramik.

### 4.3 Pembahasan

Dari data hasil pengamatan variasi komposisi *feldspar* maka diperoleh besarnya kekerasan keramik sesudah dibakar dan kekuatan tarik keramik sebelum dibakar. Untuk mempermudah menganalisa data pengamatan tersebut digambarkan dalam bentuk grafik.

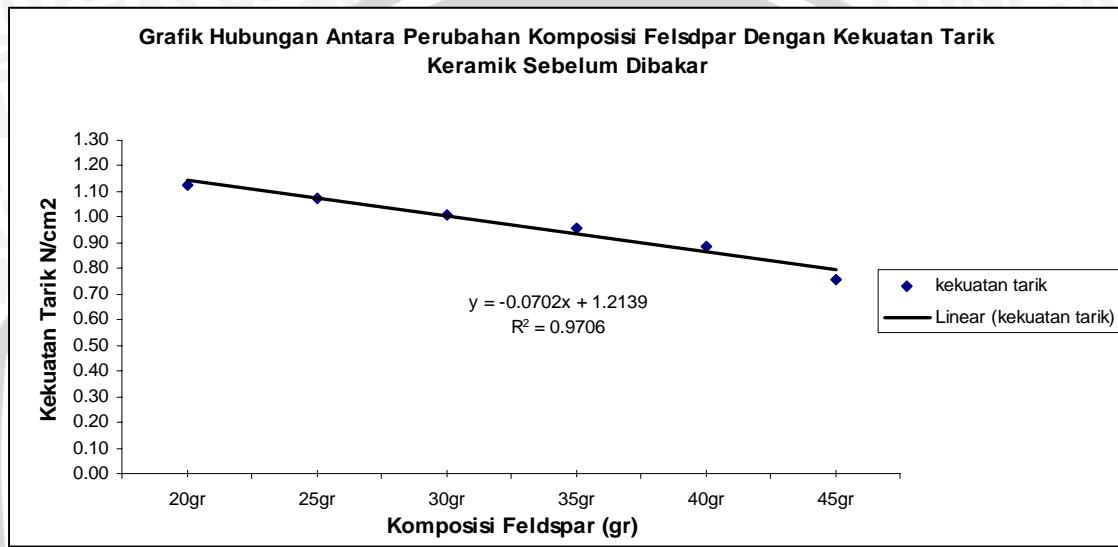
#### 4.3.1 Hubungan Antara Perubahan Komposisi Feldspar Dengan Kekuatan Tarik Keramik Sebelum di Bakar

Dari table 4.1 ditunjukkan bahwa variasi komposisi *feldspar* berpengaruh terhadap kekuatan tarik keramik. Dengan semakin besar kandungan *feldspar* maka kekuatan tarik juga semakin menurun, pada komposisi feldspar dengan kandungan 20gr rata-rata kekuatan tariknya 1,13 N/cm<sup>2</sup>, feldspar 25gr rata-rata kekuatan tariknya 1,08 N/cm<sup>2</sup>, 30gr rata-rata kekuatan tariknya 1,01 N/cm<sup>2</sup>, 35gr rata-rata kekuatan tariknya 0,96 N/cm<sup>2</sup>, 40gr rata-rata tariknya 0,88 N/cm<sup>2</sup>, 45gr rata-rata kekuatan tariknya 0,76 N/cm<sup>2</sup> yang berarti bahwa variasi *feldspar* dapat memberikan pengaruh yang nyata terhadap kekuatan tarik keramik.

Dari grafik terlihat bahwa dengan adanya peningkatan komposisi *feldspar* menyebabkan kekuatan tarik keramik menurun ini disebabkan dari sifat *feldspar* yang mana termasuk bahan yang tidak plastis dapat mengurangi susut kering dan kekuatan kering, sedangkan tanah liat termasuk bahan plastis bila kedua bahan tersebut dicampur dan dijadikan keramik maka bila kandungan feldspar ditingkatkan dan lempung dikurangi elastisitas dari badan keramik akan ikut turun dan susut kering pada badan keramik berkurang

dikarenakan ikatan antar partikel lempung terdapat partikel *feldspar* sehingga antar partikel lempung kurang mengikat.

Dibuktikan dengan adanya grafik yang cenderung turun apabila komposisi feldsparnya melebihi dari kandungan normal (25-40%). Hubungan yang dihasilkan akibat pengaruh variasi *feldspar* dapat dilihat pada Grafik 4.3.1. Grafik hubungan antara perubahan komposisi *feldspar* dengan kekuatan tarik keramik sebelum di bakar di bawah ini :

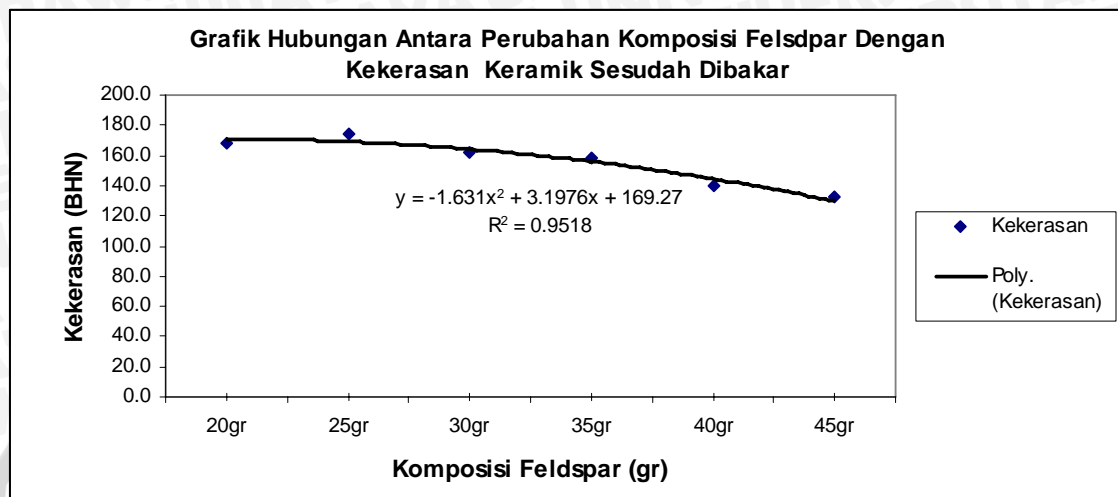


Grafik 4.1. grafik hubungan antara perubahan komposisi *feldspar* dengan kekuatan tarik keramik sebelum di bakar

#### 4.3.2 Hubungan Antara Perubahan Komposisi *Feldspar* Dengan Kekerasan Keramik Sesudah di Bakar

Dari table 4.2 ditunjukkan bahwa variasi komposisi *feldspar* berpengaruh terhadap kekerasan keramik. Pada komposisi *feldspar* 20gr memiliki kekerasan rata-rata 168,3 BHN dan 25gr hasil kekerasan rata-rata 174,0 BHN. Kekerasan keramik naik dikarenakan feldspar berfungsi sebagai *flux*, meredakan atau mengurangi temperatur leleh dari bahan keramik lainnya. Sehingga pada saat badan keramik di bakar *feldspar* meleleh dan membentuk leburan gelas yang menyebabkan partikel bahan keramik leleh dan melekat satu sama lainnya. Sedangkan mulai komposisi 30gr hasil kekerasan 162,2 BHN, 35gr hasil kekerasannya 157,8BHN, 40gr hasil kekerasannya 139,8BHN dan 45gr kekerasannya 132.2BHN cenderung menurun dikarenakan dengan penambahan *feldspar* mengakibatkan komposisi bahan lain berkurang. Sehingga lelehan *feldspar* menjadi berlebih bila bahan keramik tersebut dibakar, lelehan *feldspar* lebih banyak di banding bahan keramik lainya dan sesuai dengan sifat dari *feldspar* maka menghasilkan

gelembung-gelembung yang sangat halus dan dapat mengakibatkan kekerasan dari keramik tersebut menurun. Hubungan yang dihasilkan akibat pengaruh variasi *feldspar* terhadap kekerasan dapat dilihat pada grafik 4.2. Grafik hubungan antara perubahan komposisi *feldspar* dengan kekerasan keramik Sesudah di bakar



Grafik4.2. Grafik hubungan antara perubahan komposisi feldspar dengan kekerasan keramik sesudah di bakar





## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.3 KESIMPULAN

- 1 Dengan variasi komposisi *feldspar* pada badan keramik terdapat pengaruh yang nyata, seperti yang terlihat pada grafik kekuatan tariknya terus menurun, ini dikarenakan *feldspar* merupakan bahan non plastis sehingga dapat mengurangi susut kering dan kekuatan kering sedangkan clay atau tanah liat termasuk bahan plastis sehingga bila kedua bahan tersebut dicampur dan dijadikan badan keramik, maka bila kandungan *feldspar* ditingkatkan dan lempung dikurangi akan terjadi penurunan keelastisitasan dari bahan keramik dan susut kering pada mase berkurang dikarenakan ikatan antar partikel lempung terdapat partikel *feldspar* sehingga ikatan antar partikel lempung kurang mengikat .
- 2 Dari grafik 4.2 data kekerasan ternyata terdapat pengaruh, yaitu grafik data kekerasan naik dikarenakan lelehan *feldspar* pada saat pembakaran dapat melebur dengan kaolin, ballclay, dan kwarsa dengan baik. Berikutnya menurun dikarenakan lelehan *feldspar* yang bercampur dalam lelehan *ballclay*, kwarsa, *kaolin* bertambah dan mengakibatkan timbulnya gelembung-gelembung yang sangat halus dan dapat mengakibatkan kekerasan dari keramik tersebut menurun seiring dengan penambahan *feldspar*. Jadi komposisi yang paling baik adalah 25 gr *feldspar* karena memiliki kekuatan tarik yang tidak terlalu rendah dan kekerasan yang paling tinggi dalam komposisi dipenelitian ini.

#### 5.4 SARAN

1. Hendaknya penelitian dapat dilakukan terus dengan memadukan komposisi bahan mentah lainnya agar keramik makin berkembang
2. Pada saat melakukan penelitian keramik dengan cara penuangan, diharapkan menjaga cetakan agar tetap kering supaya mendapat hasil yang memuaskan
3. Pada saat pembakaran, biskuit diusahakan kering sebelum dibakar sehingga tidak ada cacat pada saat pembakaran untuk menghindari terjebaknya uap air didalam badan keramik yang dapat mengakibatkan letupan-letupan pada keramik serta pecahnya badan keramik sebelum menjadi barang jadi

## DAFTAR PUSTAKA

*Annual Book of ASTM Standarts, 1996 part 16*

Astuti Ambar, 1997, *Pemgetahuan Keramik*, Gajah Mada University Press

[www.Ceramik Info.com](http://www.Ceramik Info.com)

Hartomo A.J, 1994, *Mengenal Keramik Modern*, Andi Offset Yogyakarta

Heru Harsono, Jurnal natural vol 4(no 1) *Pengaruh Komposisi Bahan Dasar Pembuatan Keramik Terhadap Sifat Fisis Keramik.*

Hifni H.M, 1993, *Metode statistika*, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Pranoto Bardji Hadi, 1992. *Teori Dasar Pengujian Logam*. Malang :Universitas Brawijaya.

Surdia, Tata MS. Dan Saito,Shinroku, 1995, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Jakarta: Pramudya Paramita.

Suroso, Munawir As'ad, Doloksaribu Juni, 1997, jurnal teknik volume III No7 *Pengaruh Waktu Perawatan Terhadap Perilaku Tegangan Regangan Dengan Pengujian Triaksial(UU) Untuk Tanah Lempung*, Malang : Universitas Brawijaya.

Z,wang,c.k chiang,and T-j chung volume 102 number 1, 1997, *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology* dengan judul *Optimum Design of a Ceramic Tensile Creep Specimen Using a Finite Element Method* Gaithersburg, MD 20899-0001

## LAMPIRAN I

### 1. Analisis Regresi

Data hasil penelitian kekerasan mempunyai kecenderungan yang naik, kemudian setelah melewati titik puncak akan mengalami penurunan. Sedangkan untuk kekuatan tarik cenderung mengalami penurunan. Berdasarkan *trial and error* untuk mendapatkan nilai koefisien korelasi antara variabel ( $R^2$ ) yang tertinggi adalah dengan menggunakan regresi polinomial untuk data kekerasan sedangkan data tarik dengan menggunakan regresi linier.

Untuk regresi polinomial

$$\sum Y_i = na + b\sum X_i + c\sum X_i^2 \dots\dots\dots (\text{Lamp 1-1})$$

$$\sum X_i Y_i = a\sum X_i + b\sum X_i^2 + c\sum X_i^3 \dots\dots\dots (\text{Lamp 1-2})$$

$$\sum X_i^2 Y_i = a\sum X_i^2 + b\sum X_i^3 + c\sum X_i^4 \dots\dots\dots (\text{Lamp 1-3})$$

Persamaan regresi polinomial:

$$Y = a + bX + cX^2$$

$$R^2 = \frac{\sum (Y - y)^2 - \sum (Y - i - jX - kX^2)^2}{\sum (Y - y)^2} \dots\dots\dots (\text{Lamp 1-4})$$

Untuk regresi linier

$$\sum Y_i = na + b\sum X_i + c\sum X_i^2 \dots\dots\dots (\text{Lamp 1-5})$$

$$\sum X_i Y_i = a\sum X_i + b\sum X_i^2 + c\sum X_i^3 \dots\dots\dots (\text{Lamp 1-6})$$

Persamaan regresi linier:

$$Y = a + bX$$

$$R^2 = \frac{\sum (Y - y)^2 - \sum (Y - i - jX)^2}{\sum (Y - y)^2} \dots\dots\dots (\text{Lamp 1-7})$$



## 2. Analisa Regresi Kekuatan Tarik

Dari data hasil pengujian didapatkan suatu hasil yang dapat ditampilkan dalam bentuk suatu variabel, dimana:

$X_i$  = Variabel bebas komposisi feldspar (gr)

$Y_i$  = Data kekuatan tarik

$\bar{Y}$  = Kekuatan tarik rata-rata

Tabel 4.5. Analisa Regresi Kekuatan tarik

No	X	Y	X <sup>2</sup>	X <sup>3</sup>	X <sup>4</sup>	XY	X <sup>2</sup> Y	(Y-y) <sup>2</sup>	(Y-a-bX) <sup>2</sup>
1	20	1.20	400	8000	160000	24	480	0.038202481	0.00314721
2	20	1.15	400	8000	160000	23	460	0.021157026	3.721E-05
3	20	1.10	400	8000	160000	22	440	0.009111571	0.00192721
4	20	1.05	400	8000	160000	21	420	0.002066116	0.00881721
5	20	1.15	400	8000	160000	23	460	0.021157026	3.721E-05
6	20	1.10	400	8000	160000	22	440	0.009111571	0.00192721
7	25	1.10	625	15625	390625	27.5	687.5	0.009111571	0.00073441
8	25	1.10	625	15625	390625	27.5	687.5	0.009111571	0.00073441
9	25	1.10	625	15625	390625	27.5	687.5	0.009111571	0.00073441
10	25	1.10	625	15625	390625	27.5	687.5	0.009111571	0.00073441
11	25	1.00	625	15625	390625	25	625	2.06611E-05	0.00531441
12	25	1.05	625	15625	390625	26.25	656.25	0.002066116	0.00052441
13	30	1.00	900	27000	810000	30	900	2.06611E-05	3.61E-06
14	30	0.90	900	27000	810000	27	810	0.010929751	0.01038361
15	30	1.00	900	27000	810000	30	900	2.06611E-05	3.61E-06
16	30	1.10	900	27000	810000	33	990	0.009111571	0.00962361
17	30	1.05	900	27000	810000	31.5	945	0.002066116	0.00231361
18	30	1.00	900	27000	810000	30	900	2.06611E-05	3.61E-06
19	35	1.00	1225	42875	1500625	35	1225	2.06611E-05	0.00477481
20	35	0.90	1225	42875	1500625	31.5	1102.5	0.010929751	0.00095481
21	35	0.95	1225	42875	1500625	33.25	1163.75	0.002975206	0.00036481
22	35	0.90	1225	42875	1500625	31.5	1102.5	0.010929751	0.00095481
23	35	1.00	1225	42875	1500625	35	1225	2.06611E-05	0.00477481
24	35	1.00	1225	42875	1500625	35	1225	2.06611E-05	0.00477481
25	40	0.90	1600	64000	2560000	36	1440	0.010929751	0.00160801
26	40	0.85	1600	64000	2560000	34	1360	0.023884296	9.801E-05
27	40	0.90	1600	64000	2560000	36	1440	0.010929751	0.00160801
28	40	0.90	1600	64000	2560000	36	1440	0.010929751	0.00160801
29	40	0.85	1600	64000	2560000	34	1360	0.023884296	9.801E-05
30	40	0.85	1600	64000	2560000	34	1360	0.023884296	9.801E-05
31	45	0.70	2025	91125	4100625	31.5	1417.5	0.092747931	0.00790321
32	45	0.80	2025	91125	4100625	36	1620	0.041838841	0.00012321

33	45	0.85	2025	91125	4100625	38.25	1721.25	0.023884296	0.00373321
34	45	0.80	2025	91125	4100625	36	1620	0.041838841	0.00012321
35	45	0.70	2025	91125	4100625	31.5	1417.5	0.092747931	0.00790321
36	45	0.70	2025	91125	4100625	31.5	1417.5	0.092747931	0.00790321
Total	1170	34.8	40650	1491750	57131250	1093.75	36833.75	0.67665288	0.09640756

Dari pengolahan data diatas diperoleh:

$$35.45 = 36i + 1170j + 40650k \dots\dots\dots (\text{Lamp 1.2-1})$$

$$1112 = 1170 + 40650j + 1491750k \dots\dots\dots (\text{Lamp 1.2-2})$$

Jika diselesaikan secara serentak akan menghasilkan nilai-nilai i, j, sebagai berikut:

$$i = 1,4246$$

$$j = -0,014$$

$$\text{Sehingga persamaan regresinya : } Y_{\text{tarik}} = 0,014X + 1,4246 \dots\dots\dots (\text{Lamp 1.2-3})$$

Dimana :

$$Y_{\text{Data kekuatan tarik}} = \text{Data kekuatan tarik}$$

$$X = \text{Komposisi feldspar}$$

Koefisien korelasi data regresi:

$$R^2 = \frac{0,663243795 - 0,05093756}{0,663243795} = 0,9706 \dots\dots\dots (\text{Lamp 1.2-4})$$



### 4.3.1. Analisis Regresi Kekerasan

Dari data hasil pengujian didapatkan suatu hasil yang dapat ditampilkan dalam bentuk suatu variabel, dimana:

$X_i$  = Variabel bebas komposisi feldspar (gr)

$Y_i$  = Kekerasan

$\bar{Y}$  = Kekerasan rata-rata

Sehingga akan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.6. Analisis Regresi Kekerasan

No	X	Y	X <sup>2</sup>	X <sup>3</sup>	X <sup>4</sup>	XY	X <sup>2</sup> Y	(Y-y) <sup>2</sup>	(Y-i-jX-kX <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>
1	20	170	400	8000	160000	3400	68000	203.8549389	0.729316
2	20	165	400	8000	160000	3300	66000	86.07716091	34.269316
3	20	170	400	8000	160000	3400	68000	203.8549389	0.729316
4	20	168	400	8000	160000	3360	67200	150.7438277	8.145316
5	20	168	400	8000	160000	3360	67200	150.7438277	8.145316
6	20	169	400	8000	160000	3380	67600	176.2993833	3.437316
7	25	175	625	15625	390625	4375	109375	371.6327169	34.01805625
8	25	173	625	15625	390625	4325	108125	298.5216057	14.68805625
9	25	173	625	15625	390625	4325	108125	298.5216057	14.68805625
10	25	175	625	15625	390625	4375	109375	371.6327169	34.01805625
11	25	175	625	15625	390625	4375	109375	371.6327169	34.01805625
12	25	173	625	15625	390625	4325	108125	298.5216057	14.68805625
13	30	164	900	27000	810000	4920	147600	68.52160531	0.048841
14	30	164	900	27000	810000	4920	147600	68.52160531	0.048841
15	30	162	900	27000	810000	4860	145800	39.41049411	4.932841
16	30	160	900	27000	810000	4800	144000	18.29938291	17.816841
17	30	163	900	27000	810000	4890	146700	52.96604971	1.490841
18	30	160	900	27000	810000	4800	144000	18.29938291	17.816841
19	35	158	1225	42875	1500625	5530	193550	5.188271706	3.94221025
20	35	157	1225	42875	1500625	5495	192325	1.632716106	0.97121025
21	35	159	1225	42875	1500625	5565	194775	10.74382731	8.91321025
22	35	159	1225	42875	1500625	5565	194775	10.74382731	8.91321025
23	35	157	1225	42875	1500625	5495	192325	1.632716106	0.97121025
24	35	157	1225	42875	1500625	5495	192325	1.632716106	0.97121025
25	40	142	1600	64000	2560000	5680	227200	188.2993821	6.492304
26	40	140	1600	64000	2560000	5600	224000	247.1882709	20.684304
27	40	139	1600	64000	2560000	5560	222400	279.6327153	30.780304
28	40	138	1600	64000	2560000	5520	220800	314.0771597	42.876304
29	40	140	1600	64000	2560000	5600	224000	247.1882709	20.684304
30	40	140	1600	64000	2560000	5600	224000	247.1882709	20.684304
31	45	130	2025	91125	4100625	5850	263250	661.6327149	0.03186225



32	45	130	2025	91125	4100625	5850	263250	661.6327149	0.03186225
33	45	134	2025	91125	4100625	6030	271350	471.8549373	17.45986225
34	45	135	2025	91125	4100625	6075	273375	429.4104929	26.81686225
35	45	132	2025	91125	4100625	5940	267300	562.7438261	4.74586225
36	45	132	2025	91125	4100625	5940	267300	562.7438261	4.74586225
Total	1170	5606	40650	1491750	57131250	177880	6040500	8153.222222	464.4455385

Dari pengolahan data diatas diperoleh:

$$5606 = 36i + 1170j + 40650k \dots \dots \dots \text{(Lamp 1.3-1)}$$

$$177880 = 1170i + 40650j + 1491750k \dots \dots \dots \text{(Lamp 1.3-2)}$$

$$6040500 = 40650i + 1491750j + 57131250k \dots \dots \dots \text{(Lamp 1.3-3)}$$

Jika diselesaikan secara serentak akan menghasilkan nilai-nilai i, j, dan k sebagai berikut:

$$i = 169,27$$

$$j = 3,1976$$

$$k = -1,631$$

Sehingga persamaan regresinya :

$$Y_{\text{kekerasan}} = -1,631X^2 + 3,1976X + 169,27 \dots \dots \dots \text{(Lamp 1.3-4)}$$

Dimana :  $Y_{\text{kekerasan}}$  = Kekerasan

X = Komposisi feldspar

Koefisien korelasi data regresi:

$$R^2 = \frac{8153,222222 - 464,4455385}{8153,222222} = 0,9518 \dots \dots \dots \text{(Lamp 1.3-5)}$$

LAMPIRAN II

Gambar 5.1. Specimen uji Tarik dengan menggunakan *Universal strength machine*



Specimen uji Tarik dengan komposisi feldspar 20 gr



Specimen uji Tarik dengan komposisi feldspar 25 gr





Specimen uji Tarik dengan komposisi feldspar 30 gr



Specimen uji Tarik dengan komposisi feldspar 35 gr





Specimen uji Tarik dengan komposisi feldspar 40 gr



Specimen uji Tarik dengan komposisi feldspar 45 gr



Gambar 5.2 *Specimen uji kekerasan dengan menggunakan pengujian Brinell*



Specimen uji Kekerasan dengan komposisi feldspar 20 gr



Specimen uji Kekerasan dengan komposisi feldspar 25 gr





Specimen uji Kekerasan dengan komposisi feldspar 30 gr



Specimen uji Kekerasan dengan komposisi feldspar 35 gr





Specimen uji Kekerasan dengan komposisi feldspar 40 gr



Specimen uji Kekerasan dengan komposisi feldspar 45 gr

### Lampiran III

Tabel 4.7 Komposisi Bahan Baku Keramik Dari Gram Ke Persen

$$\text{Persentase bahan baku} = \frac{\text{berat bahan baku}}{\text{jumlah total komposisi bahan baku}} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{Lamp 3.1})$$

No	Perlakuan	Komposisi Bahan Baku				Jumlah (Gr)
		Kaolin (Gr)	Feldspar (Gr)	Kwarsa (Gr)	Ball Clay (Gr)	
1	I	40	20	25	23	108
2		40	20	25	23	108
3		40	20	25	23	108
4		40	20	25	23	108
5		40	20	25	23	108
6		40	20	25	23	108
7	II	40	25	25	23	113
8		40	25	25	23	113
9		40	25	25	23	113
10		40	25	25	23	113
11		40	25	25	23	113
12		40	25	25	23	113
13	III	40	30	25	23	118
14		40	30	25	23	118
15		40	30	25	23	118
16		40	30	25	23	118
17		40	30	25	23	118
18		40	30	25	23	118
19	IV	40	35	25	23	123
20		40	35	25	23	123
21		40	35	25	23	123
22		40	35	25	23	123
23		40	35	25	23	123
24		40	35	25	23	123
25		40	40	25	23	128
26		40	40	25	23	128

27	V	40	40	25	23	128
28		40	40	25	23	128
29		40	40	25	23	128
30		40	40	25	23	128
31		VI	40	45	25	23
32	40		45	25	23	133
33	40		45	25	23	133
34	40		45	25	23	133
35	40		45	25	23	133
36	40		45	25	23	133

Misal :

$$\text{Persentase bahan baku} = \frac{\text{berat bahan baku}}{\text{jumlah total komposisi bahan baku}} \times 100\%$$

1. Untuk Kaolin  $\frac{40}{108} \times 100\% = 37.03704\%$  .
2. Untuk *Feldspar*  $\frac{20}{108} \times 100\% = 18.51852\%$  .
3. Untuk Kwarsa  $\frac{25}{108} \times 100\% = 23.14815\%$  .
4. Untuk *Ballclay*  $\frac{23}{108} \times 100\% = 21.2963\%$
5. Jumlah komposisi dalam persen  $\frac{\quad}{\quad} +$   
100%



Tabel 4.8 Komposisi Bahan Keramik Dalam Porsen

No	Perlakuan	Komposisi Bahan Baku				Jumlah (%)
		Kaolin (%)	Feldspar (%)	Kwarsa (%)	Ball Clay (%)	
1	I	37.03704	18.51852	23.14815	21.2963	100
2		37.03704	18.51852	23.14815	21.2963	100
3		37.03704	18.51852	23.14815	21.2963	100
4		37.03704	18.51852	23.14815	21.2963	100
5		37.03704	18.51852	23.14815	21.2963	100
6		37.03704	18.51852	23.14815	21.2963	100
7	II	35.39823	22.12389	22.12389	20.35398	100
8		35.39823	22.12389	22.12389	20.35398	100
9		35.39823	22.12389	22.12389	20.35398	100
10		35.39823	22.12389	22.12389	20.35398	100
11		35.39823	22.12389	22.12389	20.35398	100
12		35.39823	22.12389	22.12389	20.35398	100
13	III	33.89831	25.42373	21.18644	19.49153	100
14		33.89831	25.42373	21.18644	19.49153	100
15		33.89831	25.42373	21.18644	19.49153	100
16		33.89831	25.42373	21.18644	19.49153	100
17		33.89831	25.42373	21.18644	19.49153	100
18		33.89831	25.42373	21.18644	19.49153	100
19	IV	32.52033	28.45528	20.3252	18.69919	100
20		32.52033	28.45528	20.3252	18.69919	100
21		32.52033	28.45528	20.3252	18.69919	100
22		32.52033	28.45528	20.3252	18.69919	100
23		32.52033	28.45528	20.3252	18.69919	100
24		32.52033	28.45528	20.3252	18.69919	100
25	V	31.25	31.25	19.53125	17.96875	100
26		31.25	31.25	19.53125	17.96875	100
27		31.25	31.25	19.53125	17.96875	100
28		31.25	31.25	19.53125	17.96875	100
29		31.25	31.25	19.53125	17.96875	100

30		31.25	31.25	19.53125	17.96875	100
31	VI	30.07519	33.83459	18.79699	17.29323	100
32		30.07519	33.83459	18.79699	17.29323	100
33		30.07519	33.83459	18.79699	17.29323	100
34		30.07519	33.83459	18.79699	17.29323	100
35		30.07519	33.83459	18.79699	17.29323	100
36		30.07519	33.83459	18.79699	17.29323	100

