

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Edmund (2014) Pengaruh Variasi Fraksi Massa Kaolin dan Feldspar Terhadap Permeabilitas Clay Keramik. Dalam penelitian ini digunakan jenis kaolin yang berbeda yaitu kaolin putih dan kaolin coklat. Variasi fraksi massa kaolin dan feldspar yang digunakan yaitu (45+25)%, (40+30)%, (35+35)%, (30+40)%, (25+45)%, (20+50)%. Temperatur pembakaran yang digunakan 800°C. Dari penelitian ini diperoleh data nilai dari permeabilitas dan porositas keramik. Permeabilitas keramik dengan menggunakan kaolin coklat lebih besar daripada permeabilitas keramik yang menggunakan kaolin putih. Nilai permeabilitas kaolin coklat yang diperoleh adalah 0,0051 ml/cm jam pada variasi fraksi massa kaolin 30% dan feldspar 40%. Sedangkan permeabilitas kaolin putih yang diperoleh adalah 0,0034 ml/cm jam.

Prasetyo (2010) Pengaruh Presentase Serbuk Cangkang Telur Ayam Terhadap Kekerasan dan Ketahanan Aus Keramik. Fungsi menggunakan cangkang telur ayam yaitu sebagai sumber Ca (*Calcium*), dimana pada suhu 950°C kalsium tersebut sebagai bahan pelebur aktif. Metode penelitian ini menggunakan eksperimental murni dengan bahan dasarnya adalah kaolin, feldspar, *ball clay* dan kwarsa dengan komposisi berikut: kaolin 36%, feldspar 26%, *ball clay* 20%, dan kwarsa 18%. Dan Prosentase dari cangkang itu sendiri adalah : 10%, 15%, 30%, 45%, 60%. Dari hasil penelitian bahwa prosentase cangkang 30% memiliki kekerasan sebesar 19,5 HRC (kekerasan rockwell), namun saat penambahan cangkang kecenderungan nilai kekerasan menurun. Sedangkan nilai ketahanan aus diperoleh nilai 0,03 gram, namun penambahan prosentase serbuk cangkang telur ayam lebih dari 20% akan menyebabkan nilai ketahanan aus menurun.

Wirakusuma (2005) Pengaruh Kwarsa Terhadap Kekuatan Impact dan Kekerasan Keramik. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh kandungan kwarsa pada keramik terhadap impact dan kekerasan keramik. Variasi kwarsa tersebut adalah: 18%, 19,6%, 21,2%, 22,6%, 24,1%, 25,5% kemudian dibakar. Data hasil uji dianalisis dengan varian satu arah untuk mengetahui adanya perubahan penambahan kwarsa terhadap kekuatan impact dan kekerasan. Pada penambahan kwarsa 20-25% bahwa berpengaruh pada kekuatan impact dan kekerasan keramik. Penurunan nilai *impact* dan kekerasan dipengaruhi kwarsa mempengaruhi penyusutan waktu

pembakaran dan kwarsa belum mengikat kaolin, feldspar, dan *ball clay*. Secara homogen yang mengakibatkan hanya berfungsi sebagai campuran pengisi pada keramik.

Maris (2006) Pengaruh Fraksi Volume *Grog Schamotte* Terhadap Penyusutan Volume dan Kekuatan Tekan Keramik. Untuk mengetahui penyusutan volume dan kekuatan tekan maka penelitian ini menggunakan *grog schamotte*. *grog schamotte* adalah bahan yang dibuat kepingan - kepingan sisa keramik atau bata tahan api yang telah dibakar dan menjadi keras. Dengan adanya *grog schamotte* akan mampu mengurangi tingkat penyusutan volume keramik. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental sejati dengan variabel bebasnya adalah *grog schamotte* yang diayak hingga didapat nomor kehalusan butir (F.N) 84,745 dengan fraksi volume 0%, 15%, 30%, 45%, 60%. Dalam hal ini digunakan komposisi bahan keramik: feldspar 38%, kwarsa 27%, *ball clay* 8%. Proses ini melakukan pembakaran dengan suhu 1300°C selama 24 jam. Dari hasil penelitian didapat fraksi volume *grog schamotte* menyebabkan volume penyusutan menurun dan kekuatan tekan meningkat.

## 2.2 Keramik

Keramik sebagai suatu hasil seni dan teknologi untuk dapat menghasilkan barang dari tanah liat yang dibakar, seperti gerabah, genteng, porselin dan sebagainya. Tetapi saat ini tidak semua keramik berasal dari tanah liat. Tetapi ada keramik dari bahan logam yaitu ( $Al_2O_3$ ,  $ZrO_2$ ,  $MgO$ , dll).

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

Kurangnya beberapa elektron bebas keramik membuat sebagian besar bahan keramik secara kelistrikan bukan merupakan konduktor dan juga menjadi konduktor panas yang kurang. Di samping itu keramik mempunyai sifat rapuh, keras, dan kaku. Keramik secara umum mempunyai kekuatan tekan lebih baik dibanding kekuatan tariknya.

### 2.3 Jenis-Jenis Keramik ada 2 yaitu

Pada prinsipnya keramik terbagi menjadi 2 yaitu:

1. Keramik tradisional yaitu keramik yang dibuat dengan menggunakan bahan alam, seperti kuarsa, kaolin, feldspar, dll. Yang termasuk keramik ini adalah: barang pecah belah (*dinnerware*) contoh: piring, gelas dll, keperluan rumah tangga (*tile, bricks*) contohnya genting, batu-bata), dan untuk industri (*refractory*). Keramik tradisional seperti porselin, ubin (keramik lantai) dan tembikar dibuat dari bubuk yang terdiri dari berbagai material seperti tanah liat (lempung), *talca*, *silica* dan feldspar. Umumnya sifat dari keramik tradisional ini bersifat rapuh atau *brittle*. Keramik tradisional yang terdiri dari tanah liat, flint, dan feldspar tahan sampai dengan suhu 1200°C.
2. Keramik Rekayasa (keramik modern atau biasa disebut keramik teknik, *advanced ceramic, engineering ceramic, technical ceramic, fine ceramics*) adalah keramik yang dibuat dengan menggunakan oksida-oksida logam atau logam, seperti: oksida logam ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{MgO}$ , dll). Keramik modern yang terbuat dari oksida logam antara lain ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{BaTiO}_2$ , dll) sedangkan keramik yang bukan oksida antara lain ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{TiN}$ ,  $\text{SiC}$ ,  $\text{B}_4\text{C}$ , dll). Penggunaannya pada elemen pemanas, semikonduktor, komponen turbin, dan pada bidang medis (Joelianingsih, 2004), keramik hasil rekayasa seperti keramik oksida mampu tahan sampai dengan suhu 2000°C.

### 2.4 Jenis - Jenis Tanah Liat

Berdasarkan tempat pengendapannya tanah liat dikelompokkan menjadi 2 diantaranya:

1. Tanah liat residu (tanah liat primer) yaitu tanah liat yang terdapat pada tempat dimana tanah liat tersebut terjadi. Tanah liat tersebut merupakan pelapukan batuan beku yang mengandung mineral felspar antara lain jenis andesit, diorit dan granit. Makin banyak kandungan feldspar yang terdapat dalam batuan sebagai akibat pelapukan fisika dan kimia maka mineral felspar akan berubah menjadi mineral lempung yang oleh masyarakat disebut tanah liat. Tanah liat residu mempunyai sifat antara lain :

- Berbutir kasar bercampur dengan batuan asal yang belum lapuk.
  - Tidak plastis (rapuh), misal kaolin.
2. Tanah liat endapan (tanah liat sekunder) yaitu tanah liat yang dipindahkan oleh air, angin atau gletser dari batuan induk yang telah mengalami pelapukan. Tanah liat ini telah mengalami proses sedimentasi oleh sebab itu digolongkan pada batuan sedimen. Tanah liat yang umum disebut pula sebagai tanah lempung dalam pembentukannya dari tempat sedimentasi baik di lembah, di pinggir sungai atau dirawa-rawa telah mengalami proses dari ukuran butir sehingga terkumpul butiran yang sangat halus. Di pantai terutama sekitar muara sungai dapat juga terbentuk tanah liat, tetapi tanah liat jenis ini tidak baik sebagai bahan baku keramik. Sifat dari tanah liat jenis ini antara lain
- Kurang murni karena tercampur dengan bahan organik / tumbuhan.
  - Berbutir halus dan sangat plastis.
  - Mengandung garam NaCl.

## 2.5 Macam-Macam Bahan Baku keramik

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

### 1. Bahan Baku Keramik Plastis

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

- Ñ Dengan penambahan sejumlah cairan tertentu dapat menjadi plastis dan dapat mudah dibentuk.
- Ñ Tidak akan meleleh dan kehilangan bentuk setelah mengalami proses pada temperatur tinggi, yaitu diatas 800°C.
- Ñ Mempunyai daya ikat untuk bahan non plastis.

Bahan baku keramik plastis diantaranya yaitu:

a) Kaolin

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

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



Gambar 2.1 : Kaolin

Sumber : Buku Bahan Bangunan Alam dan Keramik

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

- Tahap pertama : Sekitar  $500^{\circ}\text{C}$  yaitu reaksi endotermis yang sehubungan dengan hilangnya struktur air atau dehidrasi kaolinit dan pembentukan metakaolin,  $2\text{Al}_2\text{O}_3, 4\text{SiO}_2$ .
- Tahap kedua : Sekitar  $950^{\circ}\text{C}$  yakni reaksi eksotermis, sehubungan dengan pengkristalan yang cepat fasa bentuk jarum (*spinel*), disebut  $-\text{Al}_2\text{O}_3$ , oleh (Brinley dan Nakahira, 1959) dinyatakan dengan  $2\text{Al}_2\text{O}_3, 3\text{SiO}_2$ .
- Tahap ketiga : Sekitar  $1050 - 1100^{\circ}\text{C}$ , sehubungan dengan reaksi eksotermis kedua dimana struktur bentuk jarum berubah menjadi fasa mullit dan selanjutnya muncul kristobalit. Jika pemanasan diteruskan akhirnya mullit akan mengkristal dengan baik dengan komposisinya  $3\text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{SiO}_2$ . (Syukur, 1982). Karena kaolin kurang plastis, penyusutan dan kekuatan keringnya lebih rendah dan sangat tahan api, maka dari itu dalam pemakaian sebagai bahan keramik

harus dicampur dengan bahan lain. *Ball clay* ditambahkan untuk meningkatkan keplastisan dan bahan pelebur ditambahkan untuk “ketahanan api”. Karena tahan panas kaolin sangat tinggi, maka titik lelehnya sampai 1800°C. Kaolin dimanfaatkan dalam:

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

#### b) *Ball Clay*

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

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

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

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



Gambar 2.2 : *Ball Clay*

Sumber : Buku Bahan Bangunan Alam dan Keramik

c) *Stoneware clay*

*Stoneware* adalah keramik yang tidak digolongkan gerabah (barang gerabah sifatnya menghisap air) sedang *stoneware* badannya sudah rapat, juga tidak termasuk porselin karena tidak tembus cahaya. *Stoneware clay* merupakan jenis lempung sedimen, banyak mengandung mineral felspar yang tergabung dengan tanah plastis. Bahan ini cukup baik untuk membuat keramik tanpa dicampur dengan masa yang lain. Sifat dan keadaan bahan antara lain :

- Plastis.
- Pengeringannya baik.
- Kadar besi oksida dan titan oksida agak tinggi bila dibakar menghasilkan warna abu - abu, *creme* atau coklat.
- Warna mentah abu - abu hingga kuning kotor. *Stoneware clay* didapatkan di Karimunjawa.



Gambar 2.3 : *Stoneware Clay*

Sumber : Buku Bahan Bangunan Alam dan Keramik

d) *Earthenware Clay* ( tanah liat bata merah)

*Earthenware Clay* biasanya dipakai untuk pembuatan gerabah atau bata merah. Tanah ini merupakan tanah sekunder dan banyak mengandung banyak oksidasi. Sifat dan keadaan bahan:

- Plastis dan agak rapuh yang dikarenakan banyak mengandung pasir.
- Warna bakarnya kuning, jingga, merah, coklat, sampai hitam tergantung dari suhu pembakaran dan banyak oksidasi besi.
- Warna mentahnya merah, coklat, kehijauan atau abu - abu.



Gambar 2.4 : *Earthenware Clay*

Sumber : Buku Bahan Bangunan Alam dan Keramik

e) *Fire Clay*

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

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



Gambar 2.5 : *Fire Clay*

Sumber : Buku Bahan Bangunan Alam dan Keramik

f) *Bentonite*

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

- Partikelnya sangat halus.
- Banyak mengandung silika halus.

*Bentonite* mempunyai kemampuan sangat baik untuk menambah keplastisan tanah liat

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



Gambar 2.6 : *Bentonite*

Sumber : Buku Bahan Bangunan Alam dan Keramik

## 2. Bahan Baku Keramik Non Plastis

Bahan keramik non plastis adalah bahan yang tidak dapat dibentuk. Dengan cara diuraikan bahan baku keramik non plastis dapat dimanfaatkan sebagai campuran keramik. Bahan berikut dapat dipergunakan untuk membuat masa keramik (sebagai bahan campuran) dan juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuat glasir. Bahan tersebut antara lain.

#### a) Silika

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

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

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



Gambar 2.7 : Silika

Sumber : Buku Bahan Bangunan dan Keramik

#### b) Flint

*Flint* disebut juga agat komposisi  $\text{SiO}_2$  murni. Batu *flint* yang sudah dikalnisir kemudian digerus sampai halus dimanfaatkan sebagai bahan penambah untuk membuat keramik. Kemurnian tinggi dan kristal yang sangat halus *flint* sangat berguna dan biasa ditambahkan pada gelasir untuk mengurangi retak - retak (*crazing*).



Gambar 2.8 : *Flint*

Sumber : Buku Bahan Bangunan Alam dan Keramik

c) Feldspar

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

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



Gambar 2.9 : Feldspar dalam bentuk Gumpalan

Sumber : Buku Bahan Bangunan Alam dan Keramik

#### d) Alumina

Alumina jarang didapatkan dalam bentuk murni, salah satu bentuk yang paling murni adalah bauksit. Unsur - unsur ini terdapat dalam kaolin, *ball clay*, feldspar. Perannya dalam keramik atau gelasir adalah mengontrol dan mengimbangi pelelehan dan juga memberikan kekuatan pada badann maupun gelasir. Secara terpisah alumina tidak akan lebur hingga 2000°C (silika lebur pada suhu 1700°C. Namun apabila 5% alumina ditambahkan pada silika murni, maka suhu leburnya akan turun menjadi 1.545°C. mumi, *ball clay* akan memberikan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan plastisitas.



Gambar 2.10: Alumina

Sumber : Buku Bahan Bangunan Alam dan Keramik

#### e) Talc

Talc merupakan mineral yang banyak mengandung magnesium, maka bahan ini banyak digunakan untuk membuat gelasir atau badan. Dalam gelasir *stoneware* bahan ini mempunyai sifat yang agak kompleks yang seringkali menyebabkannya kembali kepada *mat* menutup, dikarenakan pembentukan kristal. *Talc* banyak dipakai sebagai bahan pengisi (*filler*) dan beberapa bahan penutup pada keramik.

Keuntungan dari bahan *talc* adalah:

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



Gambar 2.11 : *Talc*

Sumber : Buku Bahan Bangunan Alam dan Keramik

f) *Chamotte* (grog)

*Chamotte* sebetulnya hasil rekayasa unluK bahan keramik buatan, dibuat dari bata - bata api atau kepingan keramik yang telah dibakar pertama (*biscuit*) dan menjadi keras, kemudian ditumbuk hingga menjadi tepung. Karena *chamotte* telah dibakar keras, bahan ini ditambahkan pada tanah liat dengan cara menguletnya untuk mengurangi penyusutan yang terjadi selama pembakaran. Sifat dari grog adalah:

- Dengan mengurangi susut, *chamotte* melindungi benda-benda terhadap perubahan bentuk, biasanya disebabkan oleh penyusutan yang tiba - tiba.
- Karena bahan ini tidak plastis, penambahannya pada tanah liat yang sangat plastis dapat mencegah retak selama pengeringan atau pembakaran.
- Selama keramik yang mengandung *chamotte* tahan terhadap perubahan suhu yang mendadak, bendanya tidak cenderung pecah bila diambil dari tungku pada waktu masih panas. *Chamotte* juga membantu menghasilkan tekstur halus atau kasar, sederhana, permukaan yang tanpa *polish*.

## 2.6 Sifat-sifat dan kandungan tanah liat

Tanah liat mempunyai sifat fisik dan bahan kimiawi tertentu. Hal ini sangat dipengaruhi oleh komposisi air dan ukuran butir. Sifat yang penting dalam pembuatan keramik antara lain:

- Sifat Liat (plastis)

Merupakan sifat tanah liat yang dapat dibentuk dengan mudah akan sangat mempengaruhi sifat plastisnya dikarenakan terdapat kandungan bahan baku plastis. Diantara tanah - tanah murni tanah *stoneware* adalah tanah yang paling mudah untuk dikerjakan, meskipun terdapat pula tanah merah yang sifatnya sama baik dengan *stoneware*.

- Sifat Porous

Merupakan sifat Tanah liat mengandung partikel halus hingga kasar. Perbandingan antara keduanya akan menentukan sifat porous tanah liat. Makin sedikit partikel kasarnya makin kurang porous tanah liat tersebut. Tanah liat jenis *ball clay* mengandung partikel halus cukup banyak yang menyebabkan susut kering dan kekuatan kering tanah tersebut sangat tinggi.

- Sifat Menggelas

Tanah liat ini mengandung mineral - mineral lain yang dapat membentuk sebagai bahan gelas waktu dibakar. Tanah liat harus menjadi padat, keras dan kuat (menggelas) pada suhu yang diperlukan untuk menjadi keramik. Penggelasan adalah suatu proses pencairan bagian - bagian tertentu dari tanah liat mulai mencair menjadi gelas. Jika waktu dan suhu pembakaran bertambah, maka bagian - bagian yang mencair demi sedikit melarutkan komposisi tanah liat itu. Penggelasan memberi ikatan-ikatan unsur yang memberikan sifat keras seperti batu pada tanah liat yang akan dibakar.

- Sifat pembakaran

Tanah liat mengandung senyawa besi yang memberikan sifat warna merah setelah dibakar. Masing - masing tanah liat mengandung oksida besi yang bervariasi oleh sebab itu sesudah dibakar akan memberikan warna yang berbeda pula.

Kaolin yang mengandung oksida besi sebanyak 0,5% memberi hasil bakar yang sangat putih, kaolin endapan yang mengandung oksida besi sebanyak 0,7% berwarna sedikit *creme* pada saat dibakar, *ball clay* dengan kandungan besi 1% hasil bakarnya berwarna *creme*, tanah *stoneware* dengan kandungan oksida besi 2,5% warna bakarnya kelabu, dan tanah bata merah dengan kandungan oksida besi sekitar 7,5 % warna

bakarnya merah. Faktor lain yang akan mempengaruhi warna bakar adalah adanya kapur yang mengakibatkan warna bakar menjadi pucat.

## 2.7 Sifat-Sifat Keramik

Keramik memiliki beberapa sifat yaitu:

### 1. Sifat Fisik

Sebagian besar keramik adalah ikatan dari karbon, oksigen atau nitrogen dengan material lain seperti logam ringan dan semilogam sehingga menyebabkan keramik biasanya memiliki densitas yang kecil. Keramik yang keras juga tahan terhadap gesekan. Unsur senyawa pada keramik yang paling keras adalah berlian dan boron nitrida pada urutan kedua dalam bentuk kristal kubusnya. Pada unsur senyawa lainnya yaitu: aluminium oksida dan silikon karbida biasanya digunakan untuk memotong, menggiling, menghaluskan dan menghaluskan material - material keras lain.

### 2. Sifat Mekanik

Keramik merupakan material yang kuat, keras dan juga tahan korosi. Selain itu keramik memiliki kerapatan yang rendah dan juga titik lelehnya yang tinggi. Keterbatasan utama keramik adalah kerapuhannya terhadap uji kekuatan tariknya, yakni kecenderungan untuk patah tiba-tiba dengan deformasi plastik yang sedikit. Di dalam keramik, karena kombinasi dari ikatan ion dan kovalen, partikel-partikelnya tidak mudah bergeser. Faktor rapuh terjadi bila pembentukan dan propagasi keretakan yang cepat. Dalam padatan kristalin, retakan tumbuh melalui butiran (trans granular) dan sepanjang bidang *cleavage* (keretakan) dalam kristalnya. Kekuatan tekan keramik biasanya lebih besar dari kekuatan tariknya. Untuk memperbaiki sifat ini biasanya keramik dalam keadaan tertekan.

### 3. Sifat Termal

Sifat termal bahan keramik adalah kapasitas panas, koefisien ekspansitermal, dan konduktivitas termal. Kapasitas panas bahan adalah kemampuan bahan untuk menyerap panas dari lingkungan. Panas yang diserap disimpan oleh padatan antara lain dalam bentuk *vibrasi* (getaran) atom/ion penyusun padatan tersebut.

Keramik biasanya memiliki ikatan yang kuat dan atom - atom yang ringan. Jadi getaran - getaran atom - atomnya akan berfrekuensi tinggi dan karena ikatannya kuat maka getaran yang besar tidak akan menimbulkan gangguan yang terlalu banyak pada kisi kristalnya. Sebagian besar keramik memiliki titik leleh yang tinggi, artinya pada temperatur yang tinggi material ini dapat bertahan dari deformasi dan dapat bertahan dibawah tekanan tinggi. Akan tetapi perubahan temperatur yang besar dan tiba - tiba dapat melemahkan keramik. Kontraksi pada perubahan temperatur tersebut yang dapat membuat keramik pecah.

#### 4. Sifat elektrik

Sifat listrik bahan baku keramik bagus digunakan sebagai isolator. Energi yang masih dalam keadaan posisi mencapai titik tertinggi disebut dengan semikonduktor. Keramik jenis baru, yakni keramik superkonduktor yang dapat bertahan pada temperatur tinggi dan memiliki hambatan 0. Keramik yang disebut sebagai *piezoelektrik* yang dapat menghasilkan listrik yang diakibatkan dari tekanan mekanik.

Elektron valensi dalam keramik tidak berada di pita konduksi, sehingga sebagian besar keramik adalah isolator. Namun, konduktivitas keramik dapat ditingkatkan dengan memberikan ketidakmurnian. Energi termal juga akan mempromosikan elektron ke pita konduksi, sehingga dalam keramik, konduktivitas meningkat (hambatan menurun) dengan kenaikan suhu. Dalam bahan keramik, muatan listrik dapat juga dihantarkan oleh ion - ion. Sifat ini dapat diubah - ubah dengan merubah komposisi, dan merupakan dasar banyak aplikasi komersial, dari sensor zat kimia sampai generator daya listrik skala besar. Salah satu teknologi yang paling prominen adalah sel bahan bakar.

#### 5. Sifat Optik

Bila cahaya mengenai suatu obyek cahaya dapat ditransmisikan, diabsorpsi, atau dipantulkan. Bahan bervariasi dalam kemampuan untuk mentransmisikan cahaya, dan biasanya di deskripsikan sebagai transparan, translusen, atau *opaque*. Material

yang transparan, seperti gelas, mentransmisikan cahaya dengan difus, seperti gelas *terfrosted*, disebut bahan translusen. Batuan yang *opaque* tidak mentransmisikan cahaya. Dua mekanisme penting interaksi cahaya dengan partikel dalam padatan adalah polarisasi elektronik dan transisi elektron antar tingkat energi. Polarisasi adalah distorsi awan elektron atom oleh medan listrik dari cahaya. Sebagai akibat polarisasi, sebagian energi dikonversikan menjadi deformasi elastik (*fonon*), dan selanjutnya panas.

#### 6. Sifat kimia

Salah satu sifat khas dari keramik adalah kestabilan kimia. Sifat kimia dari permukaan keramik dapat dimanfaatkan secara positif. Karbon aktif, silika gel, zeolit, dsb, mempunyai luas permukaan besar dan dipakai sebagai bahan penyerap. Jika oksida logam dipanaskan pada kira - kira  $500^{\circ}\text{C}$ , permukaannya menjadi bersifat asam atau bersifat basa. Alumina, zeolit, lempung asam atau  $\text{S}_2\text{O}_2 - \text{TiO}_2$  demikian juga berbagai oksida biner dipakai sebagai katalis, yang memanfaatkan aksi katalitik dari titik bersifat asam dan basa pada permukaan.

### 2.8 Proses Pembuatan Keramik Tradisional

Berdasarkan segi pembuatan keramik tradisional, prosesnya diantaranya adalah:

#### 1. Pengolahan bahan

Tujuan pengolahan bahan ini adalah untuk mengolah bahan baku dari mentah menjadi keramik plastis yang telah siap pakai. Pengolahan bahan dapat dilakukan dengan metode basah maupun kering. Didalam pengolahan bahan ini ada proses - proses tertentu yang harus dilakukan antara lain pengurangan ukuran butir, penyaringan, pencampuran, pengadukan (*mixing*), dan pengurangan kadar air. Penyaringan dimaksudkan untuk memisahkan material dengan ukuran yang tidak seragam. Ukuran butir biasanya menggunakan ukuran mesh. Ukuran yang lazim digunakan adalah 60 - 100 mesh. Pencampuran dan pengadukan bertujuan untuk mendapatkan campuran bahan yang homogen/seragam. Pengadukan dapat dilakukan dengan cara manual maupun masinal dengan *blunger* maupun *mixer*.

Pengurangan kadar air dilakukan pada proses basah, dimana hasil campuran bahan yang berwujud lumpur dilakukan proses lanjutan, yaitu pengentalan untuk mengurangi jumlah air yang terkandung sehingga menjadi badan keramik plastis. Proses ini dapat dilakukan dengan diangin - anginkan diatas meja gips atau dilakukan dengan alat *filterpress*. Pengulian dimaksudkan untuk menghomogenkan massa badan tanah liat dan membebaskan gelembung - gelembung udara yang mungkin terjebak. Massa badan keramik yang telah diuli, disimpan dalam wadah tertutup, kemudian diperam agar didapatkan keplastisan yang maksimal.

## 2. Pembentukan

Tahap pembentukan adalah tahap mengubah bahan tanah liat plastis menjadi benda-benda yang dikehendaki. Ada tiga keteknikan utama dalam membentuk benda keramik: pembentukan tangan langsung (*handbuilding*), teknik putar (*throwing*), dan teknik cetak (*casting*).

### 3. Pembentukan tangan langsung

Dalam membuat keramik dengan teknik pembentukan tangan langsung, ada beberapa metode yang dikenal selama ini: teknik pijit (*pinching*), teknik pilin (*coiling*), dan teknik lempeng (*slabbing*).

### 4. Pembentukan dengan teknik putar

Pembentukan dengan teknik putar adalah keteknikan yang paling mendasar dan merupakan dalam kerajinan keramik. Secara singkat tahap-tahap pembentukan dalam teknik putar adalah: *centering* (pemusatan), *coning* (pengerucutan), *forming* (pembentukan), *rising* (membuat ketinggian benda), *refining the contour* (merapikan).

### 5. Pembentukan dengan teknik cetak

Dalam keteknikan ini, produk keramik tidak dibentuk secara langsung dengan tangan, tetapi menggunakan bantuan cetakan (*mold*) yang dibuat dari gips. Teknik cetak dapat dilakukan dengan 2 cara: cetak padat dan cetak tuang (*slip*). Pada teknik cetak padat bahan baku yang digunakan adalah badan tanah liat plastis sedangkan pada teknik cetak tuang bahan yang digunakan berupa badan tanah liat *slip* (lumpur). Keunggulan dari teknik cetak ini adalah benda yang diproduksi

mempunyai bentuk dan ukuran yang sama persis. Berbeda dengan teknik putar atau pembentukan langsung

#### 6. Pengerinan

Setelah benda keramik selesai dibentuk, maka tahap selanjutnya adalah pengerinan. Tujuan utama dari tahap ini adalah untuk menghilangkan air plastis yang terikat pada badan keramik. Ketika badan keramik plastis dikeringkan akan terjadi 3 proses penting:

- Air pada lapisan antar partikel pada lempung mendifusi ke permukaan kemudian menguap sampai akhirnya partikel - partikel saling bersentuhan dan penyusutan berhenti.
- Air dalam pori hilang tanpa terjadi susut.
- Air yang terserap pada permukaan partikel hilang. Tahap-tahap ini menerangkan mengapa harus dilakukan proses pengerinan secara lambat untuk menghindari retak/*cracking* terlebih pada tahap 1. Proses yang terlalu cepat akan mengakibatkan keretakan dikarenakan hilangnya air secara tiba - tiba tanpa diimbangi penataan partikel tanah liat secara sempurna, yang mengakibatkan penyusutan mendadak. Untuk menghindari pengerinan yang terlalu cepat, pada tahap awal benda keramik diangin - anginkan pada suhu kamar. Setelah tidak terjadi penyusutan, pengerinan dengan sinar matahari langsung atau mesin pengering dapat dilakukan.

#### 7. Pembakaran

Pembakaran merupakan inti dari pembuatan keramik dimana proses ini mengubah massa yang rapuh menjadi massa yang padat, keras, dan kuat. Pembakaran dilakukan dalam sebuah tungku (*furnace*) suhu tinggi.

Proses pemadatan ini menyebabkan objek keramik menyusut hingga 20% dari ukuran aslinya. Tujuan dari proses pemanasan ini adalah untuk memaksimalkan kekerasan keramik dengan mendapatkan struktur internal yang tersusun rapi dan sangat padat (Sumahamijaya, 2009).

#### 8. Pembakaran biskuit

Pembakaran biskuit merupakan tahap yang sangat penting karena melalui pembakaran ini suatu benda dapat disebut sebagai keramik. Biskuit (*bisque*) merupakan suatu istilah untuk menyebut benda

keramik yang telah dibakar pada suhu 700 - 1000°C. Pembakaran biskuit menjadikan keramik menjadi kuat, keras dan kedap air.

#### 9. Pengglasiran

Pengglasiran merupakan tahap yang dilakukan sebelum dilakukan pembakaran glasir. Benda keramik biskuit dilapisi glasir dengan cara dicelup, dituang, disemprot, atau dikuas. Fungsi glasir pada produk keramik adalah untuk menambah keindahan, supaya lebih kedap air, dan menambahkan efek - efek tertentu sesuai keinginan.

### 2.9 Bahan baku tambahan

Bahan untuk menunjang dalam proses pembuatan keramik dalam penelitian ini menggunakan arang. Arang adalah residu hitam berisi karbon tidak murni yang dihasilkan dengan menghilangkan kandungan air dan komponen volatil dari hewan atau tumbuhan. Arang umumnya didapatkan dengan memanaskan kayu, gula, tulang, dan benda lain. Arang yang hitam, ringan, mudah hancur, dan meyerupai batu bara ini terdiri dari 85% sampai 98% karbon. Manfaat arang pada keramik sebagai adsorben (penyerap). Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika terhadap arang tersebut dilakukan aktifasi dengan bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi.

#### 2.10 Jenis-jenis arang

##### 1. Arang kayu

Arang kayu adalah arang yang terbuat dari bahan dasar kayu. Arang kayu paling banyak digunakan untuk keperluan memasak.

##### 2. Arang serbuk gergaji

Arang serbuk gergaji adalah arang yang terbuat dari serbuk gergaji yang dibakar. Serbuk gergaji biasanya mudah didapat ditempat-tempat penggergajian atau tempat pengrajin kayu.

##### 3. Arang sekam padi

Arang sekam padi biasa digunakan sebagai pupuk dan bahan baku briket arang. Hal ini karena sekam padi memiliki kemampuan untuk menyerap dan menyimpan air sebagai cadangan makanan.

#### 4. Arang tempurung kelapa

Tempurung kelapa adalah salah satu bahan karbon aktif yang kualitasnya cukup baik dijadikan arang aktif. Bentuk, ukuran dan kualitas tempurung kelapa merupakan hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan arang aktif. Kualitas tempurung kelapa dan proses pembakaran sangat menentukan rendemen karbon aktif yang dihasilkan. Bagian tempurung merupakan bagian yang paling keras dibandingkan dengan bagian kelapa lainnya. Struktur yang keras disebabkan oleh silikat ( $\text{SiO}_2$ ) yang cukup tinggi kadarnya pada tempurung kelapa tersebut. Berat dan tebal tempurung kelapa sangat ditentukan oleh jenis tanaman kelapa. Berat tempurung kelapa ini sekitar (15 - 19) % dari berat keseluruhan buah kelapa, sedangkan tebalnya sekitar (3 - 5) mm.

#### 5. Arang serasah

Arang serasah adalah arang yang terbuat dari serasah atau sampah dedaunan. Bila dibandingkan dengan bahan arang lain, serasah termasuk bahan yang paling mudah didapat. Arang serasah juga bisa dijadikan briket arang, karena mudah dihancurkan.

#### 6. Briket arang

Tujuan pembuatan briket arang adalah untuk menambah jangka waktu bakar dan untuk menghemat biaya. Arang yang sering dijadikan briket arang diantaranya adalah arang sekam, arang serbuk gergaji, dan arang serasah.

#### 7. Arang kulit buah mahoni

Arang kulit buah mahoni adalah arang dengan bahan dasar kulit buah mahoni. Bila dilihat secara kasat mata, kulit buah mahoni memiliki tekstur yang keras dan padat. Arang yang dihasilkan dari kulit buah mahoni juga terbukti memiliki kualitas yang cukup baik. Jika dibakar hanya mengeluarkan sedikit asap.

### 2.11 Keausan

Keausan adalah hilangnya sejumlah lapisan permukaan material karena adanya gesekan antara permukaan padatan dengan benda lain. Definisi gesekan

itu sendiri adalah gaya tahan yang menahan gerakan antara 2 permukaan solid yang bersentuhan maupun solid dengan *liquid*.

Keausan dirumuskan dengan :

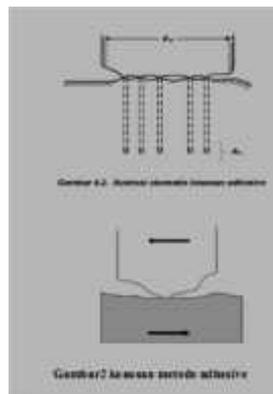
$$W = \text{Massa Awal} - \text{Massa Akhir}$$

Dimana : W : berat (g)

Keausan pada dasarnya memiliki beberapa mekanisme, yaitu:

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

Terjadi bila kontak permukaan dari dua material atau lebih mengakibatkan adanya perlekatan satu sama lainnya (*adhesive*) serta deformasi plastis dan pada akhirnya terjadi pelepasan atau pengoyakan salah satu material seperti di perlihatkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.12 : Keausan *Adhesive*

Sumber : Metal Handbook Ninth Edition, Volume 8, Mechanical Testing, ASM,1985

Faktor yang menyebabkan *adhesive wear* :

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

#### 2. Keausan *Abrasive* (*Abrasive wear*)

Terjadi bila suatu partikel keras (*asperity*) dari material tertentu bergesekan pada permukaan material lain yang lebih lunak sehingga terjadi penetrasi atau pemotongan material yang lebih lunak. Tingkat

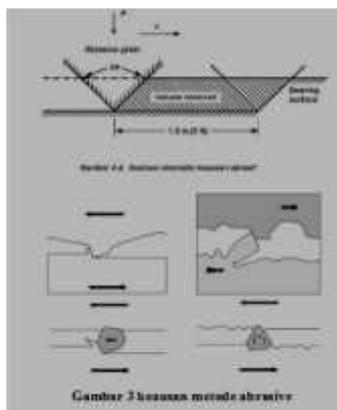
keausan pada mekanisme ini ditentukan oleh derajat kebebasan (*degree of freedom*) partikel keras atau *asperity* tersebut.

Faktor yang mempengaruhi ketahanan material terhadap *abrasive wear* antara lain:

1. Material *hardness*
2. Kondisi struktur mikro
3. Ukuran abrasif
4. Bentuk

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

1. *Scratching* (Goresan)
2. *Scoring* (Berpindah)
3. *Gouging* (Terkelupas)



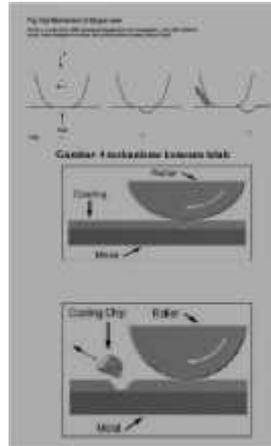
Gambar 2.13 : Keausan *Abrasive*

Sumber : Metal Handbook Ninth Edition, Volume 8, Mechanical Testing, ASM, 1985

### 3. Keausan Lelah (*Fatigue Wear*)

Merupakan mekanisme yang relatif berbeda dibandingkan dengan dua mekanisme sebelumnya, yaitu dalam hal interaksi permukaan. Baik keausan *adhesive* maupun abrasif melibatkan hanya satu interaksi, sementara pada keausan fatik dibutuhkan interaksi multi. Keausan ini terjadi akibat interaksi permukaan dimana permukaan yang mengalami beban berulang akan mengarah pada pembentukan retak - retak mikro.

Retak - retak mikro tersebut pada akhirnya menyatu dan menghasilkan pengelupasan material. Tingkat keausan sangat bergantung pada tingkat pembebanan. Gambar dibawah ini memberikan skematis mekanisme keausan lelah :

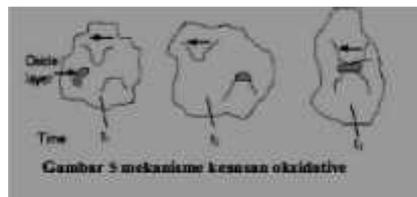


Gambar 2.14 : Keausan lelah

Sumber : Metal Handbook Ninth Edition, Volume 8, Mechanical Testing, ASM,1985

#### 4. Keausan Oksidasi/Korosif ( *Corrosive wear* )

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



Gambar 2.15 : Keausan Oksidasi/Korosi

Sumber : Metal Handbook Ninth Edition, Volume 8, Mechanical Testing, ASM,1985

### 5. Keausan Erosi ( *Erosion wear* )

Proses erosi disebabkan oleh gas dan cairan yang membawa partikel padatan yang membentur permukaan material. Jika sudut benturannya kecil, keausan yang dihasilkan analog dengan *abrasive*. Namun, jika sudut benturannya membentuk sudut gaya normal ( $90^\circ$ ), maka keausan yang terjadi akan mengakibatkan *brittle failure* pada permukaannya, skematis pengujiannya seperti terlihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.16 : Keausan Erosi

Sumber : Metal Handbook Ninth Edition, Volume 8, Mechanical Testing, ASM,1985

## 2.12 Kekerasan

Kekerasan adalah kemampuan sebuah material untuk menerima beban tanpa mengalami deformasi plastis yaitu tahan terhadap dentasi, tahan terhadap penggoresan, tahan terhadap aus, tahan terhadap pengikisan (abrasi). Kekerasan suatu bahan merupakan sifat mekanik yang paling penting, karena kekerasan dapat digunakan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik yang lain, yaitu *strenght* (kekuatan).

Ada beberapa metode pengujian kekerasan yang digunakan untuk menguji kekerasan logam yaitu:

### a. Metode Pengujian Vickers

Pengujian kekerasan dengan metode Vickers bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam yaitu daya tahan material terhadap indenter intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramid dengan sudut puncak  $136^\circ$  yang ditekankan pada permukaan material uji tersebut dengan beban yang digunakan bervariasi mulai dari 1 kgf sampai 120 kgf. Waktu yang

digunakan untuk pembebanan indentasi biasanya adalah selama 30 detik. Bilangan kekerasan Vickers (HV). Angka kekerasan Vickers (HV) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (F) dalam Newton yang dikalikan dengan angka faktor 0,102 dan luas permukaan bekas luka tekan (injakan) bola baja (A) dalam milimeter persegi. Secara matematis dan setelah disederhanakan, HV sama dengan 1,854 dikalikan beban uji (F) dibagi dengan diagonal intan yang dikuadratkan.



Gambar 2.17 : Uji kekerasan vickers

Sumber : Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya

#### Keuntungan Pengujian Metode Vickers :

- Indentor dibuat dari bahan yang cukup keras, sehingga dimungkinkan dilakukan untuk berbagai jenis logam.
- Memberikan hasil berupa skala kekerasan yang kontinu dan dapat digunakan untuk menentukan kekerasan pada logam yang sangat lunak dengan kekerasan piramida intan (DPH) 5 hingga logam yang sangat keras dengan kekerasan piramida intan (DPH) 1500.
- Dapat dilakukan untuk benda - benda dengan ketebalan yang sangat tipis, sampai 0.006 inci.
- Harga kekerasan yang didapat dari uji Vickers tidak bergantung pada besar beban indentor.

Kerugiannya Pengujian Metode Vickers :

- Pengujian ini tidak dapat digunakan untuk pengujian rutin karena pengujian tersebut lama.
- Memerlukan persiapan permukaan benda uji yang teliti.
- Rentan terhadap kesalahan perhitungan panjang diagonal.

Penurunan Rumus dari Metode Pengujian Vickers adalah:

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

2

$$X = d \cos 45^\circ$$

$$= \frac{1}{2} d \sqrt{2}$$

$$Y = \frac{1}{2} X / \cos 22^\circ$$

$$= \left( \frac{1}{2} d \sqrt{2} \right) / \cos 22^\circ$$

$$L \quad AOB = \frac{1}{2} X \cdot Y$$

$$= \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} d \sqrt{2} \cdot \frac{1}{2} d \sqrt{2} \right) / \cos 22^\circ$$

$$= \left( \frac{1}{8} d^2 \right) / \cos 22^\circ$$

$$A = 4 L \quad AOB$$

$$= 4 \left( \frac{1}{8} d^2 \right) / \cos 22^\circ$$

$$= \left( \frac{1}{2} d^2 \right) / \cos 22^\circ$$

$$VHN = P/A$$

$$= \frac{1,854 P}{d^2}$$

Sumber : ASTM E 10 - 00, 2003

Rumus penghitungan pengujian metode Brinell:

Dimana : VHN = Vickers Hardness Number

P = Beban yang diberikan (kgf)

d = Panjang diagonal rata - rata hasil indentasi (mm)

1,854 = Konstanta yang didapat dari nilai  $2 \sin (136^\circ/2)$

b. Pengujian Brinell

Pengujian kekerasan dengan metode *Brinell* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya

tahan material terhadap bola baja (identor) yang ditekan pada permukaan material uji tersebut (spesimen). Idealnya, pengujian *Brinell* diperuntukan untuk material yang memiliki permukaan yang kasar dengan uji kekuatan berkisar 500 - 3000 kgf. Identor (bola baja) biasanya telah dikeraskan dan diplating ataupun terbuat dari bahan karbida tungsten dan mengenai lama pengujian itu tergantung pada material yang akan diuji. Untuk semua jenis baja lama pengujian adalah 15 detik sedang untuk material bukan besi lama pengujian adalah 30 detik. Angka Kekerasan Brinell (HB) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (F) dalam Newton yang dikalikan dengan angka faktor 0,102 dan luas permukaan bekas luka tekan (injakan) bola baja (A) dalam milimeter persegi.



Gambar 2.18 : Pengujian Brinell

Sumber : Laboratorium Pengujian Material Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya

Keuntungan penggunaan metode brinell antara lain :

- Tidak dipengaruhi oleh permukaan material yang kasar.
- Bekas penekanan cukup besar, sehingga mudah diamati dan dapat mengatasi ketidakseragaman fasa material pada pengujian.

Kerugiannya antara lain :

- Tidak dapat dikenakan pada benda yang tipis dan permukaan yang kecil, serta pada daerah kritis dimana penekanan dapat mengakibatkan kegagalan.
- Tidak berlaku untuk material yang sangat lunak maupun sangat keras.

Penurunan Rumus dari Pengujian Metode Brinell:

$$X^2 = (\frac{1}{2} D)^2 - (\frac{1}{2} d)^2$$

$$= \frac{1}{4} (D^2 - d^2)$$

$$X = \frac{1}{2} (D^2 - d^2)^{1/2}$$

$$X_h = \frac{1}{2} D - X$$

$$= \frac{1}{2} D - \frac{1}{2} (D^2 - d^2)^{1/2}$$

$$= \frac{1}{2} \{D - (D^2 - d^2)^{1/2}\}$$

$$A = .D.H$$

$$= \frac{1}{2} ( D ) \{D - (D^2 - d^2)^{1/2}\}$$

$$BHN = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Sumber : ASTM E 10 - 00, 2003

Dimana :

BHN = Brinell Hardness Number (kgf/mm<sup>2</sup>)

P = Beban yang diberikan (kgf)

D = Diameter indenter (mm)

d = Diameter lekukan rata-rata hasil indentasi (mm)

### c. Pengujian Rockwell

Pengujian kekerasan Metode Rockwell bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap benda uji (*speciment*) yang berupa bola baja ataupun kerucut intan yang ditekan pada permukaan material uji tersebut. Dibawah ini termasuk skala untuk spesimen yang akan di uji kekerasan rockwell.

Tabel 2.1 Skala Pada Metode Uji Kekerasan Rockwell

SCALE	MAJOR LOAD, K/G	TYPE OF INDENTER	TYPICAL MATERIALS TESTED
A	60	Diamond cone	Extremely hard materials, tungsten carbides, etc.
B	100	1/16" ball	Medium hard materials, low- and medium-carbon steels, brass, bronze, etc.
C	150	Diamond cone	Hardened steels, hardened and tempered alloys
D	100	Diamond cone	Case-hardened steel
E	100	1/8" ball	Cast iron, aluminum and magnesium alloys
F	60	1/16" ball	Annealed brass and copper
G	150	1/16" ball	Beryllium copper, phosphor bronze, etc.
H	60	1/8" ball	Aluminum sheet
K	150	1/8" ball	Cast iron, aluminum alloys
L	60	1/16" ball	Plastics and soft metals such as lead
M	100	1/2" ball	Same as L scale
P	150	1/2" ball	Same as L scale
R	60	1/8" ball	Same as L scale
S	100	1/8" ball	Same as L scale
V	150	1/8" ball	Same as L scale

\* American Testing Equipment Systems, East Molino, Ill.

### 2.13 Hipotesa

Berdasarkan latar belakang dan tinjauan pustaka diatas maka dapat dibuat hipotesa sebagai berikut

Bahwa pencampuran arang dan kaolin di keramik yaitu pada arang dikarenakan mempunyai daya serap yang tinggi dan Jika arang ditambah lebih lanjut maka makin banyak terbentuk ikatan antara partikel keramik dan arang sehingga kekuatan keramik makin meningkat. Sedangkan kaolin sebagai bahan pengikat dan tahan suhu tinggi diatas 1000°C. Jadi kekerasan semakin tinggi maka semakin rendah keausannya.

