

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Sidik Arjuman Naramdhan (2008), meneliti tentang *Pengaruh Penambahan Fraksi Berat Titanium Dioksida pada Campuran Bahan Keramik Terhadap Kekuatan Bending dan Kekerasan Keramik*. Metode yang digunakan dengan menggunakan penelitian sebenarnya untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi massa titanium dioksida 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% terhadap kekuatan *bending* dan kekerasan dari keramik. Untuk kekerasan tertinggi didapat pada penambahan titanium dioksida sebesar 20% dengan tingkat kekerasan rata-rata 87,6 VHN dan untuk kekuatan *bending* tertinggi didapat pada penambahan titanium dioksida 30% dengan tingkat kekuatan *bending* rata-rata sebesar 300 (kg/mm^2), hal ini disebabkan karena adanya kemampuan yang tinggi dari titanium dioksida yang merupakan sebagai penguat dalam campuran keramik untuk menahan pergerakan dislokasi yang terjadi. Sedangkan untuk kekerasan dan kekuatan *bending* terendah didapat pada penambahan titanium dioksida sebesar 50% untuk nilai kekerasan rata-rata terendah sebesar 63,2 VHN dan kekuatan *bending* terendah sebesar 230 (kg/mm^2), penurunan tersebut disebabkan karena tidak adanya perbandingan komposisi yang tepat dan seimbang antara bahan dasar dan penguat. Peningkatan prosentase fraksi massa titanium dioksida akan mengakibatkan semakin sedikitnya jumlah bahan dasar yang mengikat penguat. Dengan adanya penguatan yang berlebih tersebut, maka daya ikat batas partikel bahan dasar terhadap penguat akan berkurang.

Darmanto zaenal (2008), meneliti tentang *Pengaruh Penambahan Fraksi Berat Alumina pada Campuran Keramik Terhadap Kekuatan Impact dan Kekerasan Keramik*. Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimental nyata, yang bertujuan untuk menyelidiki pengaruh variasi fraksi massa *alumina* 4,9 gr, 9,8 gr, 14,7 gr, 19,8 gr, 24,5 gr, 29,4 gr dan temperatur pembakaran 1000 °C, 1100 °C, 1200 °C terhadap kekuatan *impact* dan kekerasan keramik. Pada penelitian didapatkan bahwa penambahan fraksi berat *alumina* akan meningkatkan kekuatan *impact* dan kekerasan. Untuk kekuatan *impact* tertinggi didapat pada penambahan alumina 14,7 gr dengan kekuatan rata-rata sebesar 0,874 J.cm^{-2} dan kekuatan *impact* terendah terdapat pada penambahan *alumina* sebesar 29,4 dengan kekuatan rata-rata sebesar 0,61 J.cm^{-2} , hal ini disebabkan pada penambahan fraksi massa *alumina* sebesar 14,7 gr merupakan komposisi yang paling tepat karena jika terlalu banyak kandungan *alumina* pada keramik, daya ikat dari

campuran bahan lain seperti *ballclay*, kuarsa, kaolin, *feldspar* menjadi kurang kuat. Sedangkan untuk kekerasan tertinggi didapat pada penambahan *alumina* sebesar 24,5 gr dengan kekerasan rata-rata sebesar 185 BHN dan kekerasan terendah didapat pada penambahan *alumina* sebesar 4,9 gr dengan kekerasan rata-rata sebesar 177,2 BHN, hal ini disebabkan karena perubahan fase dari air ke padat dimana terjadi pada saat pembakaran.

I wayan adi wiprana (2008), melakukan penelitian tentang *Pengaruh Fraksi Volume Serbuk dan Temperature Pembakaran Terhadap Penyusutan Volume dan Kekerasan Keramik*. Metode penelitian menggunakan penelitian sebenarnya dengan tujuan untuk mengetahui penyusutan volume dan perubahan kekerasan yang terjadi pada keramik dengan menggunakan variasi fraksi volume serbuk kerang dan temperatur pembakaran. Variasi volume yang digunakan yaitu 0%, 15%, 30%, 45% dan 60 % dan untuk variasi temperatur 1000 °C, 1100 °C, dan 1200 °C. Dari hasil penelitian bahwa hasil penyusutan volume terendah pada temperatur 1000 °C dengan penambahan serbuk kerang 60% diperoleh sebesar 11,79%, hal ini disebabkan karena pada temperatur 1000°C serbuk kerang belum mencapai titik lelehnya, sehingga serbuk kerang tidak berfungsi sebagai pelebur aktif dan penambahan serbuk kerang akan bersifat menaikkan suhu yang dibutuhkan untuk melebur bahan yang lain, sehingga keramik tidak matang. Sedangkan kekerasan tertinggi sebesar 691,4 VHN diperoleh dari penambahan serbuk kerang 27,58% dengan temperature pembakaran 1200 °C, hal ini disebabkan pada temperatur ini serbuk kerang telah mencapai titik leleh dan berfungsi sebagai pelebur aktif sehingga proses pepadatan dapat berlangsung dengan baik.

2.2 Keramik

Keramik merupakan material non-logam anorganik yang berbeda dengan material organik maupun logam. Sedangkan *cermet* adalah material komposit yang tersusun dari keramik dan logam terikat bersamaan. Penggunaan keramik dan *cermet* sebagai material struktur memiliki berbagai kelebihan dibandingkan logam dan paduannya, antara lain : (1) tingginya rasio kekuatan terhadap berat, (2) tingginya rasio kekakuan terhadap modulus, (3) kekuatan tinggi pada kondisi temperatur tinggi, dan (4) ketahanan terhadap korosi. Selain itu keramik juga murah dan tidak sulit ditemukan.

Pada prinsipnya keramik terbagi atas:

1. *Traditional Ceramics* (Keramik tradisional) yaitu keramik yang dibuat dengan menggunakan bahan alam, seperti kuarsa, kaolin, dll. Yang

termasuk keramik ini adalah: barang pecah belah, keperluan rumah tangga dan untuk industri.

2. *Advanced ceramics* (keramik modern) atau biasa disebut *engineering ceramic* dan *technical ceramic* adalah keramik yang dibuat dengan menggunakan oksida-oksida logam atau logam, seperti oksida logam (Al_2O_3 , ZrO_2 , MgO , dll). Penggunaannya sebagai elemen pemanas, semikonduktor, komponen turbin, dan pada bidang medis. (Darmanto, zaenal; 2005).

2.3 Bahan Baku Keramik

Bahan baku keramik yang umumnya dipakai adalah kaolin, *feldspar*, *ballclay*, kuarsa dan air. Pencampuran seluruh bahan utama menjadi satu dalam pembuatan keramik disebut dengan tanah liat. Tanah liat sebagai bahan pokok untuk pembuatan keramik, merupakan salah satu bahan yang kegunaannya sangat menguntungkan bagi manusia karena bahannya yang mudah didapat dan pemakaian hasil jadinya yang sangat luas.

Sifat tanah liat yang sangat menguntungkan adalah mudah dibentuk bila tanah liat ini telah dicampur dengan air dalam perbandingan tertentu. Artinya penambahan air pada tanah liat tersebut harus sesuai, dengan demikian tanah liat tersebut akan cukup plastis untuk dapat dibentuk tanpa retak-retak. Apabila barang yang telah dibentuk itu dikeringkan maka akan cukup kuat dalam menjalani proses pengerjaan selanjutnya. Misalnya pada waktu diangkat untuk dikeringkan, didekorasi, ataupun disusun dalam tungku maka barang tersebut tidak akan pecah atau rusak. Umumnya keramik bersifat keras, kuat dan stabil pada temperatur tinggi. Tetapi keramik bersifat getas dan mudah patah seperti halnya pada porselen. (Tata Surdia, 1992:303)

Walaupun tanah liat terdapat di mana-mana di seluruh dunia, tetapi satu dengan lainnya mempunyai sifat yang berbeda-beda. Beberapa diantaranya dapat di pakai begitu saja untuk pembuatan keramik. Sedangkan yang lainnya jika hendak dipakai harus dimurnikan terlebih dahulu atau dicampur dengan bahan lain agar mudah dikerjakan.

2.3.1 Kaolin

Kaolin (seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1) adalah tanah liat primer yang mengandung mineral kaolinit sebagai bagian yang terbesar yang mempunyai mutu penyusutan yang baik selama pengeringan dan pembakaran. *Clay* jenis ini merupakan

clay yang paling penting dalam pembuatan keramik dan paling putih di antara *clay* lainnya, karena kandungan besinya yang paling rendah (Hadi 1995: 70).

Sifat-sifat kaolin :

- 1) Tidak terlalu plastis, rapuh dan berbutir kasar
- 2) Semakin halus ukurannya, maka akan semakin plastis.
- 3) Titik leburnya 1700°C-1785°C.
- 4) Dalam keadaan kering berwarna putih karena kandungan besinya rendah
- 5) Memberi warna putih pada badan keramik.
- 6) Setelah dibakar berwarna putih.

Rumus kimia kaolin sama dengan kaolinite yakni Al Atau biasa disebut aluminium silika hidrat. Dalam kaolin masih terdapat pengotor-pengotor besi dalam bentuk hematit (Fe_2O_3), pirit (FeS), dan magnetit (Fe_3O_4).

Kaolinit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) mempunyai perbandingan berat dari unsur-unsurnya yaitu 47% oksida silinium (SiO_2), 35% oksida aluminium (Al_2O_3), dan 24% air. Kaolin merupakan bahan baku utama pembuatan barang keramik halus. Perlu ditambahkan *ballclay* untuk menambahkan sifat plastis dan *feldspar* untuk mengurangi sifat refraktorinya. Untuk semua kelas, kaolin yang dipakai harus mengandung kaolinite sebesar 80%. Berdasarkan analisis kimia, analisis besar butiran dan sifat fisisnya kaolin dapat dibagi menjadi 4 kelas yaitu:

1. Kelas keramik saniter (*sanitary ware*), merupakan keramik yang berpori.
2. Kelas keramik batu (*stone ware*), adalah jenis yang tertua di antara barang keramik, dan telah digunakan jauh sebelum pengembangan porselin, bahkan keramik ini dapat dianggap sebagai porselin kasar yang pembuatannya tidak dilakukan dengan teliti dan terbuat dari bahan baku bermutu rendah.
3. Kelas porselin (*porcelain*) adalah keramik yang rapat dan kedap udara seperti keramik batu dan jernih karena adanya fasa gelas dalam jumlah banyak. Untuk campuran yang sama porselin mempunyai temperatur pembakaran yang tertinggi. Namun demikian, temperatur vitrifikasi dapat berubah karena pencampuran bahan mentahnya.
4. Kelas keramik tanah (*earthen ware*), benda bakar putih, tak bersifat seperti kaca, kadang-kadang disebut barang pecah belah dan merupakan keramik berpori yang mempunyai daya serap air 3% lebih.



Gambar 2.1 a. Kaolin Putih dan b. Kaolin Coklat
Sumber : Dokumentasi Pribadi

2.3.2 *Ballclay*

Kaolin merupakan tulang punggung industri keramik halus, tetapi karena kaolin keplastisannya sangat kurang maka memerlukan lempung lain yang mempunyai sifat-sifat keplastisannya tinggi, kekuatan keringnya juga tinggi dan setelah dibakar berwarna putih. Lempung yang memenuhi persyaratan itu adalah *ballclay*.

Ballclay adalah suatu lempung sedimentair yang mempunyai butiran-butiran sangat halus biasanya mengandung bahan organik dan *ballclay* mempunyai keplastisan yang tinggi. *Ballclay* merupakan sejenis tanah liat dengan kadar silika dan alumina tinggi. *Ballclay* tersusun atas group alumina silikat (seperti Al, Fe, Mg, Si) yang dapat terbentuk dilaut atau di darat.

Ballclay biasanya berwarna abu-abu tua karena adanya karbon. Makin banyak karbon yang dikandung *ballclay* makin bersifat plastis. Sifat plastis ini akan memberikan pertolongan selama pembentukan, karena kuarsa dan *feldspar* tidak plastis.

Alasan menggunakan *ballclay* di dalam badan keramik adalah:

1. Meningkatnya *workability* masa plastis, terutama dalam proses pengeringan.
2. Meningkatnya kekuatan kering, sehingga dapat mengurangi kerugian didalam pengangkutan dan penyusunan barang setengah jadi.
3. Meningkatnya fluiditas massa cor.
4. Mengandung bahan pelebur yang dapat membantu sintering.

Kerugian penggunaan *ballclay* antara lain:

1. Karena umumnya kadar besi oksida dan titania agak tinggi maka akan mempengaruhi derajat putihnya dari badan keramik.
2. Akan banyak mengurangi sifat daya tembus dari badan keramik.

3. Umumnya *ballclay* mempunyai sifat-sifat yang sangat variable sehingga sangat sukar diperoleh massa cor yang baik.

Sifat-sifat *ballclay* adalah:

1. Mempunyai plastisitas tinggi.
2. Mempunyai susut kering antara 4% - 15%.
3. Memiliki ukuran butiran halus.
4. Penyusutan selama pengeringan dan pembakaran sebesar 20%.
5. Mempunyai kekuatan kering tinggi.
6. Tahan suhu bakar sampai 1500°C.

Ballclay merupakan bahan tidak murni, bercampur dengan oksida pengotor. Oleh karena itu diusahakan pemakaian *clay* sedikit mungkin. Berikut gambar dari *ballclay* ditunjukkan pada gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2 : *BallClay*
Sumber : Dokumen Pribadi

2.3.3 *Feldspar*

Feldspar (seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3) merupakan senyawa alumina silikat yang mengandung satu atau lebih unsur basa K, Na dan Ca. Menurut *Whiteware Division of The American Ceramic Society* definisi *feldspar* adalah suatu kelompok mineral batuan beku yang terutama terdiri dari senyawa silikat dari K, Na dan Ca, dimana pada umumnya satu kation basa merupakan kation utama. Rumus umum *feldspar* adalah $X_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$

Ada tiga jenis *feldspar* yaitu:

1. Potash (K_2O) dengan rumus $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$
2. Soda (Na_2O) dengan rumus $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$
3. Lime (Ca_2O) dengan rumus $Ca_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$

Dari ketiga jenis *feldspar* diatas, potash paling banyak digunakan dalam pembuatan bodi keramik, *K-feldspar* sangat aktif melarutkan kuarsa dalam *clay* membentuk massa gelas yang sangat kental yang akan merekatkan bahan-bahan yang tidak larut, dan menyebabkan bodi padat, tidak tembus air dan tidak tembus cahaya. *Feldspar* berfungsi sebagai bahan pelebur (*fluks*) yang akan memberikan kemungkinan terbentuknya massa badan yang lebih padat dan rapat setelah dibakar, baik untuk komposisi badan keramik maupun untuk pembuatan glasir. Pada saat dibakar *feldspar* akan meleleh dan membentuk lelehan gelas yang menyebabkan partikel-partikel *clay* bersatu bersama. Partikel-partikel gelas ini memberikan kekerasan dan kekuatan pada massa badan keramik. *K-feldspar* merupakan pelebur terbaik dibandingkan *Na-feldspar* dan *Ca-feldspar*.

Terdapat bukti bahwa dibawah titik leburnya, *feldspar* telah mulai bereaksi dengan lempung. Pada kenaikan temperatur, *feldspar* menjadi lebih aktif, mula-mula akan melarutkan bahan-bahan lempung dan kemudian butir-butir kuarsa. Komposisi dari *feldspar* sendiri bermacam-macam, apabila *feldspar* banyak mengandung kalium maka akan berpengaruh pada bodi keramik, sedangkan jika *feldspar* banyak mengandung natrium, maka *feldspar* berfungsi sebagai glasir.

K-feldspar banyak dipergunakan dalam keramik halus, *K-feldspar* tidak segera berubah bentuk selama pembakaran bahkan diatas titik leburnya. Karena alasan ini *feldspar* sangat identik sebagai pelebur. Dalam keramik halus *Na-feldspar* mempunyai kemampuan melarutkan sama dengan *K-feldspar*, tetapi sifat-sifat bahan gelas yang terbentuk tidak begitu baik. Keramik yang mengandung *Na-feldspar* mudah mengalami perubahan bentuk dan cenderung lebih regas (*brittle*). *Ca-feldspar* meningkatkan fluiditas bahan gelas dan menyebabkan perubahan bentuk bodi keramik.

Sifat-sifat *feldspar* adalah:

- 1) Tahan pada temperatur 1250°C-1280°C.
- 2) Sebagai bahan pelebur (*fluks*).
- 3) Tidak plastis.
- 4) Mengurangi susut kering dan kekuatan kering.
- 5) Merendahkan temperatur bakar dari bahan lain.



Gambar 2.3 *Feldspar*
Sumber : Dokumen Pribadi

2.3.4 Kuarsa

Kuarsa (seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3) adalah mineral yang berasal dari batuan beku asam *metamorf* dan sedimen, dengan komposisi sebagian besar berupa silika dan terdapat pada sebagian batu pasir kuarsa. Kuarsa merupakan bahan yang penting dalam membentuk keramik. Kuarsa juga dikenal dengan nama pasir putih, yaitu merupakan pasir dari bahan galian yang terdiri dari kristal-kristal silika (SiO_2) yang mempunyai titik lebur 1600°C dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Pada umumnya kuarsa mempunyai sifat tidak plastis sehingga apabila digunakan untuk membuat badan keramik akan mengurangi tingkat plastisitasnya dan penyusutannya.

Fungsi kuarsa di dalam pembuatan keramik adalah :

1. Tidak mengurangi keplastisan dan penyusutan pada bodi keramik.
2. Mengurangi susut kering dan susut bakar dari tanah liat.
3. Memudahkan air untuk menguap sewaktu proses pengeringan dalam proses pembakaran.
4. Memberi sifat kuat dan dapat mencegah perubahan bentuk pada waktu dibakar.
5. Dapat mengurangi daya muai dari benda yang sudah jadi.



Gambar 2.4 Kuarsa
Sumber : Dokumen Pribadi

2.4 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. Hal ini menyebabkan keramik biasanya memiliki densitas yang kecil. Sebagian keramik yang ringan mungkin dapat sekeras logam yang berat. Keramik yang keras juga tahan terhadap gesekan. Senyawa keramik yang paling keras adalah berlian, diikuti boron nitrida pada urutan kedua dalam bentuk kristal kubusnya. Aluminium oksida dan silikon karbida biasa digunakan untuk memotong, menggiling, dan menghaluskan material-material keras lain.

2. Sifat Mekanik

Keramik merupakan material yang kuat, keras dan juga tahan korosi namun rapuh. Selain itu keramik memiliki kerapatan yang rendah dan juga titik lelehnya yang tinggi. Keterbatasan utama keramik adalah kerapuhannya, 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 keretakan yang cepat. Dalam padatan kristalin, retakan tumbuh melalui butiran (trans granular) dan sepanjang bidang *cleavage* (keretakan) dalam kristalnya. Permukaan tempat putus yang dihasilkan mungkin memiliki tekstur yang penuh butiran atau kasar. Material yang amorf tidak memiliki butiran dan bidang kristal yang teratur, sehingga permukaan putus kemungkinan besar terjadi. Kekuatan tekan penting untuk keramik yang digunakan untuk struktur seperti bangunan. Kekuatan tekan keramik biasanya lebih besar dari kekuatan tariknya. Untuk memperbaiki sifat ini biasanya keramik di beri tekanan awal dalam keadaan tertekan. Pada umumnya keramik memiliki sifat-sifat yang baik yaitu: keras, kuat dan stabil pada temperatur tinggi.

3. Sifat Termal

Semua keramik dibuat melalui pemanasan pada temperatur tinggi dan sejumlah keramik dimanfaatkan karena sifat termalnya yang unggul, seperti sifat tahan panas, kapasitas panas dan hantaran panas/ konduktivitas termal. Kapasitas

panas bahan adalah kemampuan bahan untuk mengabsorpsi 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 walaupun pada temperatur yang tinggi material ini dapat bertahan dari deformasi dan dapat bertahan dibawah tekanan tinggi. Akan tetapi perubahan temperatur yang besar dan tiba-tiba dapat melemahkan keramik. Kontraksi dan ekspansi pada perubahan temperatur tersebutlah yang dapat membuat keramik pecah.

4. Sifat elektrik

Sifat listrik bahan keramik sangat bervariasi. Keramik dikenal sangat baik sebagai isolator. Beberapa isolator keramik (seperti $BaTiO_3$) dapat dipolarisasi dan digunakan sebagai kapasitor. Keramik lain menghantarkan elektron bila energi ambangnya dicapai, dan oleh karena itu disebut semikonduktor. Tahun 1986, keramik jenis baru, yakni superkonduktor temperatur kritis tinggi ditemukan. Bahan jenis ini, di bawah suhu kritisnya tidak memiliki hambatan. Akhirnya, keramik yang disebut sebagai *piezoelektrik* dapat menghasilkan respons listrik akibat tekanan mekanik atau sebaliknya. Elektron valensi dalam keramik tidak berada di bidang konduksi, sehingga sebagian besar keramik adalah isolator. Energi termal juga akan menyalurkan elektron ke bidang konduksi, sehingga dalam keramik, konduktivitas meningkat (hambatan menurun) dengan kenaikan suhu.

Beberapa keramik memiliki sifat *piezoelektrik*, atau kelistrikan tekan. Sifat ini merupakan sifat yang paling bagus yang sering digunakan sebagai sensor. Dalam bahan piezoelektrik, penerapan gaya atau tekanan dipermukaannya akan menginduksi polarisasi dan akan terjadi medan listrik, jadi bahan tersebut mengubah tekanan mekanis menjadi tegangan listrik. Bahan *piezoelektrik* digunakan untuk transduser, yang ditemui pada mikrofon, dan sebagainya.

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 menonjol adalah *fuel cell*.

5. Sifat Optik

Bila cahaya mengenai suatu obyek cahaya dapat ditransmisikan, diabsorpsi, atau dipantulkan. Bahan bervariasi dalam kemampuan untuk mentransmisikan cahaya, dan biasanya dideskripsikan sebagai transparan. Material yang transparan, seperti gelas, mentransmisikan cahaya dengan difusi, dua mekanisme penting interaksi cahaya dengan partikel dalam padatan adalah polarisasi elektronik dan transisi elektron antara 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, mempunyai luas permukaan besar dan dipakai sebagai bahan pengabsorpsi. Jika oksida logam dipanaskan pada kira-kira 500°C, permukaannya menjadi bersifat asam atau bersifat basa. Salah satu sifat kimia dari keramik yaitu kesetabilan kimia.

2.5 Densitas

Densitas (simbol: ρ atau rho) adalah sebuah ukuran massa per volume. Rata-rata kepadatan dari suatu obyek yang sama massa totalnya dibagi oleh volume totalnya.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2-1)$$

Keterangan : ρ = kepadatan sebuah benda (gr/cm^3)

m = massa total benda (gr)

V = volum benda (cm^3)

2.6 Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampuan material untuk dapat dialiri fluida tiap satuan luas dalam waktu tertentu { $\text{ml}/\text{cm}^2\text{detik}$ }. Permeabilitas dirumuskan :

(sumber : modul Praktikum Pengecoran Logam Teknik mesin Universitas Brawijaya)

$$P = \frac{V.H}{P.A.T} \quad (2-2)$$

Keterangan:	P	= Permeabilitas
	V	= Volume air (ml)
	H	= Tinggi spesimen material (cm)
	P	= Tekanan (g/sq cm ²)
	A	= Luas penampang spesimen (cm ²)
	T	= Waktu (detik)

2.6.1 Macam-macam permeabilitas

Ada beberapa macam permeabilitas dari suatu material, diantaranya adalah:

- Base permeability*: permeabilitas pada material yang telah diberi perlakuan seperti penambahan kadar air yang sudah ditentukan.
- Green permeability*: permeabilitas material yang masih belum mendapatkan perlakuan sama sekali .
- Dry permeability*: permeabilitas material setelah diperlakukan panas lebih antara 100⁰C - 110⁰C.
- Bekeed permeability*: permeabilitas material setelah diperlakukan panas lebih dari 110⁰C.

2.6.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi permeabilitas

Ada beberapa macam faktor yang mempengaruhi permeabilitas dari suatu material, diantaranya adalah:

1. Kadar air

Kadar air ideal yang digunakan dalam membuat keramik yaitu sekitar 20%-30%. Bila material kekurangan kadar air, maka lempung akan kekurangan daya ikat untuk mengikat pasir silika. Sehingga butir-butir lempung yang memperoleh air yang cukup akan menyebar dan mengisi celah-celah antar material yang akan menurunkan permeabilitasnya. Begitu juga dengan kadar air yang banyak maka lempung akan seperti pasta dan meningkatkan permeabilitas. Material yang telah dikeringkan mempunyai permeabilitas dan kekuatan yang meningkat dibandingkan dengan kekuatan basah, karena air bebas dan air yang diabsorpsi pada permukaan butir tanah lempung dihilangkan, sehingga meninggalkan pori-pori.

2. Kadar lempung

Kadar lempung ideal yang digunakan dalam pembuatan keramik yaitu sekitar 30%. Bila kadar lempung rendah maka air yang tidak terserap oleh lempung yang akan menempati celah antar material, sehingga meningkatkan permeabilitas material. Dan bila kadar lempung terlalu tinggi, maka sebagian yang tidak memperoleh air menyebar mengisi celah antar material sehingga menurunkan permeabilitas material.

3. Kadar *feldspar*

Perbedaan utama pencampuran berbagai produk keramik adalah dari jenis lempung dan *feldspar* dan berbandingan volumenya. Misalnya, bila banyaknya lempung dikurangi dan banyaknya *feldspar* bertambah maka bahan akan terjadi vitrifikasi pada temperatur rendah, volume dari lelehan bertambah sehingga kerapatan dari material keramik tinggi.

2.7 Porositas

Porositas adalah perbandingan volume rongga pori-pori terhadap volume total dari suatu material keramik. Tingkat porositas dapat dihitung melalui proses perebusan dan perendaman benda uji di waktu tertentu. Uji porositas yaitu kegiatan pengujian untuk mengetahui tingkat penyerapan air suatu benda uji dari massa tanah liat yang telah dibakar. Daya penyerapan terhadap air pada benda dengan pori-pori banyak atau porositas akan besar, sebaliknya, bila benda uji mengalami proses vitrifikasi hingga padat dan tidak berpori lagi, maka daya serap mendekati nol.

2.7.1 Metode Perhitungan Porositas

Di dalam pengukuran prosentase porositas yang terdapat dalam suatu material digunakan perbandingan dua buah densitas yaitu *True density* dan *Apparent Density*.

➤ *True Density*

True density atau densitas teoritis merupakan kepadatan dari sebuah benda padat tanpa porositas yang terdapat di dalamnya. Didefinisikan sebagai perbandingan massanya terhadap volume sebenarnya (gr/cm^3).

$$\rho_{th} = \frac{100}{\left\{ \left(\frac{\% feldspar}{\rho_{feldspar}} \right) + \left(\frac{\% kaolin}{\rho_{kaolin}} \right) + etc \right\}} \quad (2-3)$$

Keterangan : ρ_{th} = True Density (gr/cm³).
 $\rho_{feldspar}, \rho_{kaolin}, etc$ = Densitas unsur (gr/cm³).
 $\% feldspar, \% kaolin, etc$ = Prosentase berat unsur (%).

➤ *Apparent Density*

Apparent density atau densitas sampel adalah berat setiap unit volum material termasuk cacat (*void*) yang terdapat dalam material yang di uji (gr/cm³).

$$\rho_s = \rho_w \frac{W_s}{W_s - (W_{sb} - W_b)} \quad (2-4)$$

Keterangan : ρ_s = *Apparent Density* (gr/cm³).
 ρ_w = Densitas air (gr/cm³).
 W_s = Berat sampel di luar air (gr).
 W_b = Berat keranjang di dalam air (gr).
 W_{sb} = Berat sampel dan keranjang di dalam air (gr).

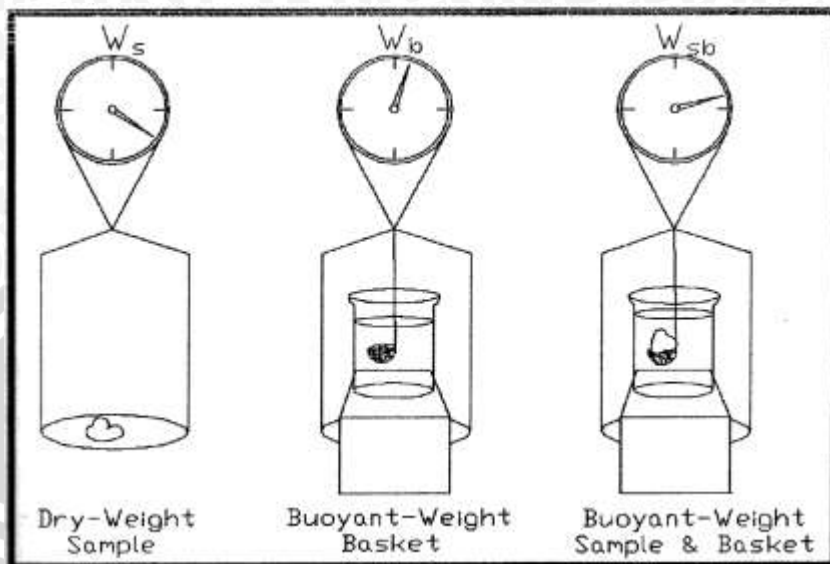
Perhitungan prosentase porositas yang terjadi dapat diketahui dengan membandingkan densitas sampel atau *apparent density* dengan densitas teoritis atau *true density* (Taylor, 2000), yaitu:

$$\% P = \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_{th}} \right) \times 100\% \quad (2-5)$$

Keterangan : $\%P$ = Prosentasi porositas (%)
 ρ_s = *Apparent Density* (gr/cm³).
 ρ_{th} = *True Density* (gr/cm³)

2.7.2 Pengukuran Porositas Menggunakan Metode piknometri

Piknometri adalah sebuah proses membandingkan densitas relatif dari sebuah padatan dan sebuah cairan. Jika densitas dari cairan diketahui, densitas dari padatan dapat dihitung. Proses dapat digambarkan secara skematik pada gambar 2.4 dibawah ini



Gambar 2.4 Skema Piknometri
Sumber : Taylor, et al. 2000

2.8 Hubungan antara porositas dan permeabilitas

Porositas dan permeabilitas merupakan kemampuan suatu material yang saling berbanding lurus, sehingga jika porositas dari suatu material tinggi maka permeabilitas pada suatu material tersebut juga tinggi.

2.9 Hipotesa

Penambahan kaolin sebagai bahan baku keramik, dapat berpengaruh pada permeabilitas dan porositas *clay ceramic*. Semakin rendah fraksi massa kaolin menyebabkan semakin sedikit metakaolin yang terbentuk sehingga permeabilitas dan porositas dari spesimen keramik yang terbentuk akan semakin tinggi, begitu juga sebaliknya. Sedangkan semakin besar fraksi massa *feldspar* maka akan semakin rendah permeabilitas dan porositas *clay ceramic* yang terbentuk. Hal ini terjadi karena semakin tinggi fraksi massa *feldspar* menyebabkan semakin banyak bahan penyusun keramik yang dilebur, sehingga keramik menjadi semakin padat maka permeabilitas dan porositas dari spesimen keramik yang terbentuk akan semakin rendah, begitu juga sebaliknya.