

Pengaruh Komposisi Tanah Liat, Kaolin Dan Kwarsa Serta Suhu Pembakaran Terhadap Sifat Keramik Tradisional

Rachmat Sriwijaya, M. Waziz Wildan, Pandhu Setyo Wibowo

Jurusan Teknik Mesin Dan Industri
Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika 2, Yogyakarta 55281
E-mail:Sriwijaya@gadjahmada.edu

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari komposisi kaolin dan kwarsa dalam CMC (*Ceramic Matrix Composite*) yang matriknya berbasis tanah liat Bojonegoro. Kaolin merupakan material keramik yang memiliki kekuatan tinggi jika dibakar pada suhu tinggi. Semakin tinggi suhu pembakaran akan meningkatkan kekuatan keramik. Kwarsa berfungsi sebagai material pengisi yang dapat meningkatkan kekerasan pada material keramik sekaligus mengurangi susut pada saat dibakar.

Penelitian dilakukan dengan membuat 5 (lima) macam komposisi campuran yang akan dibandingkan nilai porositas, susut bakar, kekerasan, bending, dan keausannya dengan tanah liat murni. Kaolin dan kwarsa akan ditambahkan dengan persentase 30%-0%, 20%-10%, 15%-15%, 10% - 20%, 0%- 30% dengan presentase tanah liat sebesar 70%. Setiap campuran diaduk dan ditambahkan air, lalu diperam selama 3 (tiga) hari, kemudian dicetak dan dibiarkan mengering. Selanjutnya material dibakar dengan suhu 800°C, 1000°C, dan 1200°C. Nilai kekerasan, bending, dan keausan menjadi hal penting yang akan diuji.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kekerasan, bending, dan keausan meningkat dengan naiknya suhu pembakaran. Pengaruh penambahan kaolin dan kwarsa juga berpengaruh terhadap kekuatan mekanik material. Kekerasan tertinggi oleh tanah liat 100%, adalah 224,21 kg.mm⁻², bending maksimal oleh 20% kaolin – 10% kwarsa dengan nilai 19,13 MPa, dan nilai keausan terendah dicapai oleh campuran 15% kaolin -15% kwarsa sebesar $2,48 \times 10^{-5} \text{ mm}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$.

Keyword: keramik tradisional, tanah liat, kaolin, kwarsa, CMC.

Pendahuluan

Tanah liat merupakan bulir halus *aluminosilicates* yang secara umum berbentuk $\text{SiO}_2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ yang menjadi plastis atau dapat dibentuk bila dicampur dengan air. Mineral dari tanah liat tersusun dari sebuah kombinasi unik dari lapisan-lapisan yang terbuat dari *tetrahedral* maupun *octahedral* unitstruktur yang membentuk lembaran-lembaran. Setiap *tetrahedron* berbagi sudut dari struktur merekadangan 3 (tiga) *tetrahedral* lainnya yang akan membentuk struktur Si_2O_5 (Grim, R.E.1962)

Senyawa penyusun tanah liat sebagian besar adalah SiO_2 , yang rata-rata keseluruhan berada diatas 50%, Al_2O_3 , yang berada diatas 15%, Fe_2O_3 berada 5% sampai 11%, dan CaO sekitar 1% hingga 11%. Selain senyawa yang disebutkan tadi bisa dianggap pengotor, jumlahnya yang sangat sedikit

(Worrall1986).

Kaolin (*China clay*), biasa digunakan sebagai campuran dalam pembuatan keramik tradisional. Kaolin biasanya mengandung mineral kaolinit, tetapi bisa juga mengandung beberapa mineral yang terkandung pada kulit bumi lainnya seperti Fe_2O_3 dan TiO_2 dan beberapa material pengotor lainnya yang kurang mempengaruhi warna dari hasil pembakaran dari kaolin itu sendiri. Kaolin dapat ditemukan pada deposit tanah liat sekunder. Kaolin yang ideal ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) terdiri dari 46,6% silika, 39,5% alumina dan 13,9% air. Tergantung dari material pengotor, partikel kaolin berukuran 1-2 μm . Karena ukuran partikelnya, kaolin kurang baik dalam plastisitas(kurang plastis) pada pembentukan (*forming*). Susut kering dan susut bakar dari kaolin juga dapat dibilang sedang (*moderate*) (Shackelford 2008).

Kwarsa adalah bahan galian yang terdiri atas kristal-kristal silika (SiO_2) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Kwarsa juga dikenal dengan nama pasir putih merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama, seperti kwarsa dan *feldspar*. Hasil pelapukan kemudian tercuci dan terbawa sampai pinggir sungai, danau, atau laut. Pasir kwarsa mempunyai komposisi gabungan dari SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO , dan K_2O , berwarna putih bening atau warna lain bergantung pada senyawa pengotornya, kekerasan 7 (skala Mohs), berat jenis 2,65, titik lebur 1715°C , bentuk kristal hexagonal, panas sfesifik 0,185, dan konduktivitas panas $12-100^\circ\text{C}$.

Pandjaitan(2007) telah melakukan penelitian mengenai pembuatan bata tahan api dengan campuran kaolin, bentonit, kwarsa, clay, dan pemanfaatan bekas bata tahan api sebagai *grog* sebagai substitusi batu tahan api. Hasil percobaan menunjukkan bahwa perbedaan persentase formula dapat mempengaruhi kekuatan mekanis material keramik tersebut.

Budiyanto (2008) menunjukkan sifat keramik sebagai bahan tahan suhu tinggi dengan komposisi bahan pembentuk yang terdiri dari *clay*, *flint* dan *feldspark* keramik tahan sampai dengan suhu 1200°C . Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu pembakaran dan komposisi tanah liat dengan campuran kaolin, kwarsa terhadap kekuatan mekanis masing-masing komposisi campuran.

Metode Eksperimen dan Fasilitas yang digunakan

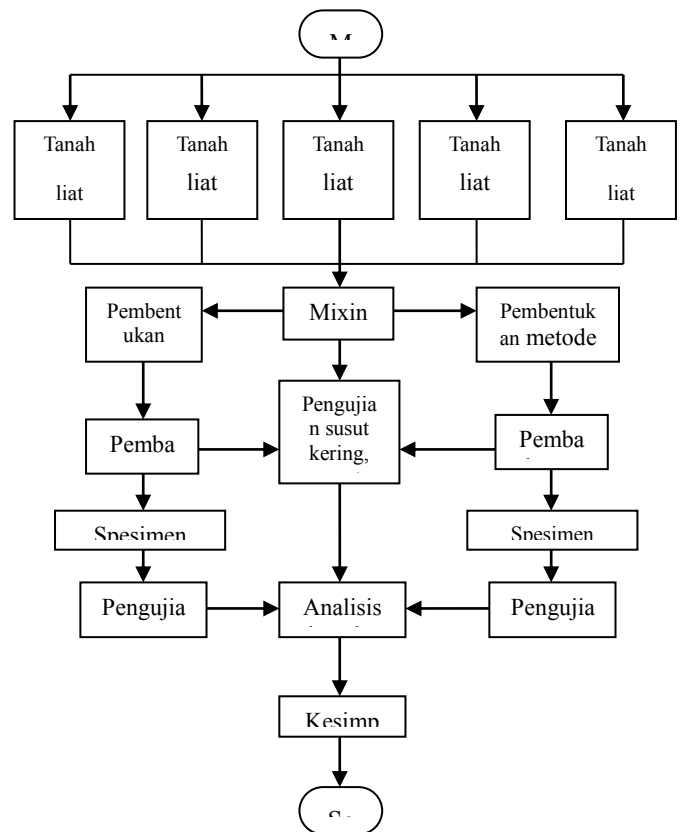
Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan spesimen uji dengan variasi komposisi bahan pembentuk keramik yang berbahan utama tanah liat Bojonegoro seperti pada Tabel 1.berikut:

Tabel 1. Komposisi bahan pembentuk keramik.

Spesimen	Komposisi		
	Tanah Liat (%)	Kaolin (%)	Kwarsa (%)
1	100	-	-
2	70	30	-
3	70	20	10
4	70	15	15
5	70	10	20
6	70	-	30

Proses pembentukan *clay body* atau campuran formula tanah liat dilakukan dengan cara tradisional, yaitu dengan menumbuk halus dan mencampurkan seluruh komponen formula, dibentuk spesimen dengan menggunakan *extruder* untuk yang silinder,

metode *slab building* untuk spesimen berbentuk balok, dan dilakukan pengeringan pada suhu kamar. Jika telah kering dilakukan pembakaran spesimen hingga 800°C , 1000°C dan 1200°C . Tanah liat berperan sebagai matriks, kaolin sebagai pengikat dan penambah kekuatan pada suhu tinggi, kwarsa berfungsi sebagai material pengeras sekaligus mengurangi penyusutan *clay body*. Suhu pembakaran spesimen bervariasi pada suhu 800°C , 1000°C , dan 1200°C dengan waktu pembakaran selama 30 menit. Kekuatan mekanis yang diuji adalah uji kekerasan, keausan dan bending, seperti terlihat pada diagram pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

Peralatan utama yang digunakan dalam pengujian:

- Saringan (mesh 60)
- Timbangan OHAUS Triple Beam Balance
- Slab roller , untuk mencetak spesimen balok
- Hand extruder , untuk mencetak spesimen silinder
- Tungku listrik yang telah dimodifikasi, sehingga menggunakan gas, AMACO
- Micro Hardness Tester BUEHLER
- Universal testing machine (Torsee AMU5DE Japan) dan jig uji bending
- Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine Type OAT-U
- Mikroskop optik Olympus

Proses pengujian dilakukan dengan menggunakan Standar ASTM C 1161, ASTM C 1327, dan ASTM C 20. Sedangkan spesimen berbentuk balok dan silinder yang dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Bentuk spesimen balok dan silinder.

Hasil dan Pembahasan

Gambar 3. menunjukkan pengaruh suhu terhadap nilai kekerasan material (a, b, c, d, e, f). Semakin tinggi suhu maka nilai kekerasan juga meningkat.

Pada suhu 800⁰ C , didapati bahwa material e (tanah liat 70%, kaolin 10%, dan kwarsa 20%) memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi, yaitu 35,41 kg.mm⁻², dimana kwarsa , sebagai material penguat, membuat nilai kekerasan meningkat, dan kaolin membantu mengikat matrik tanah liat menjadi lebih baik dibanding tanah liat sendiri, membuat matrik dan penguat memiliki ikatan yang baik.

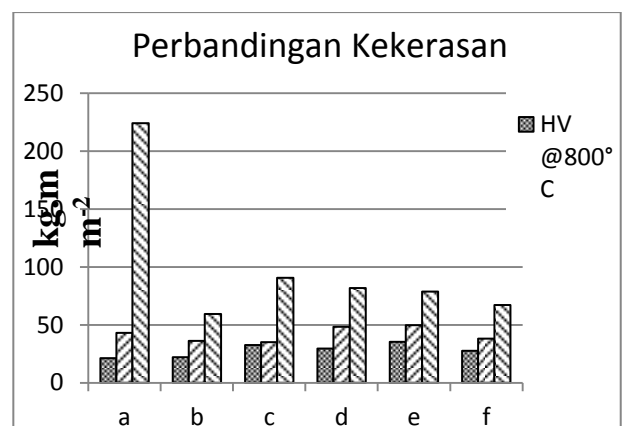
Pada suhu 1000⁰C, material dengan komposisi campuran kwarsa dan kaolin yang memiliki nilai tertinggi, yaitu material d (tanah liat 70%, kaolin 15%, dan kwarsa 15%) dan e (tanah liat 70%, kaolin 10%, dan kwarsa 20%) , dengan nilai kekerasan masing-masing 48,25 kg.mm⁻² , dan 49,75 kg.mm⁻². Kaolin menjadi pembentuk matrik keramik yang baik, yang dapat mengikat penguat (kwarsa) dengan baik sehingga menghasilkan nilai kekerasan yang optimal.

Pada suhu 1200⁰C, terlihat bahwa material a (tanah liat 100%) memiliki nilai kekerasan yang sangat tinggi, yang diikuti oleh menyusutnya volume, dan menurunnya porositas. Dari data kekerasan, susut bakar dan porositas, dapat disimpulkan bahwa material a (tanah liat 100%) pada suhu 1200⁰C telah memasuki tahap vitrifikasi. Kekerasan yang sangat tinggi, penyusutan akibat pembakaran yang tinggi dan porositas yang hilang dengan signifikan menjadi pertanda vitrifikasi telah terjadi. Dengan nilai kekerasan yang sangat tinggi, 224,21 kg.mm⁻² ,material a (tanah liat 100%) terlihat menjauhi nilai kekerasan material campuran lain yang belum masuk tahapan vitrifikasi.

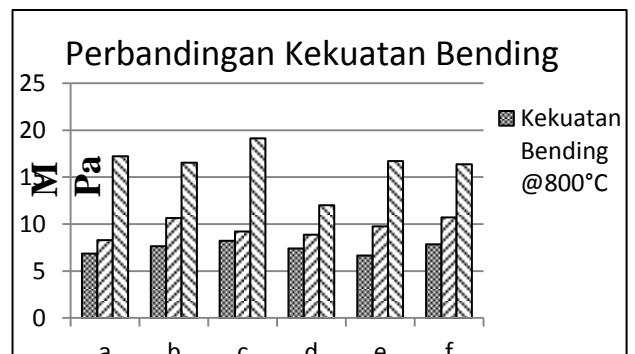
Gambar 4. Menunjukkan hasil pengujian bending menggunakan metode *four point bending test*, menggunakan *Universal testing machine* dan jig uji

bending, dilakukan pada 3 spesimen pada masing-masing variabel suhu dan campuran. Peningkatan suhu pembakaran dapat meningkatkan kekuatan bending material. Hal ini disebabkan oleh ikatan antar partikel pada suhu tinggi semakin kuat.

Pada suhu pembakaran 800⁰ C, kekuatan bending tertinggi dicapai oleh material c (tanah liat 70%, kaolin 20% dan kwarsa 10%), yaitu sebesar 8,23 MPa. Terlihat dari grafik bahwa pada suhu 800⁰ C, campuran kaolin dan kwarsa cenderung lebih tinggi sedikit dibandingkan tanah liat murni. Pada kondisi ini ikatan antar partikel yang terjadi pada suhu 800⁰C oleh campuran kaolin lebih baik dibandingkan ikatan antar partikel yang terjadi pada tanah liat murni (100%).



Gambar 3. Perbandingan nilai kekerasan pada tiap material dan suhu.



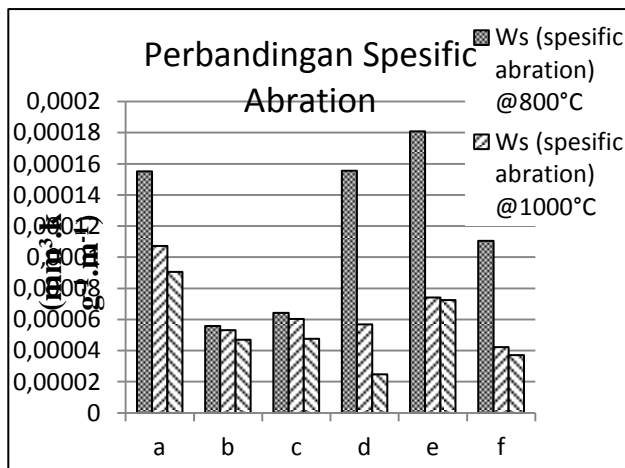
Gambar 4. Perbandingan kekuatan bending pada tiap material dan suhu.

Pada suhu pembakaran 1000⁰ C, material campuran kaolin dan kwarsa memiliki kekuatan bending yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan tanah liat 100%. Pada suhu 1000⁰ C, nilai bending tertinggi dicapai oleh material f (tanah liat 70% dan kwarsa 30%) yaitu 10,73 MPa, diikuti oleh material b (tanah liat 70% dan kaolin 30%) dengan nilai 10,63 Mpa,

dengan kekuatan bendingtengah liat murni sebesar 8,28 MPa.

Material c (tanah liat 70%, kaolin 20%, dan kwarsa 10%) mencapai angka tertinggi dalam kekuatan bending pada 1200⁰ C, dengan nilai 19,13 MPa. Setiap dilakukan pengujian bending, material c selalu memperoleh beban patah (P) diatas 100 kg. Hal ini dikarenakan pada suhu 1200⁰C, material c (tanah liat 70%, kaolin 20%, dan kwarsa 10%) memiliki ikatan dari material kaolin ditambah penguat kwarsa yang sangat kuat, tertinggi diantara material campuran lain, sehingga mendapatkan kekuatan bending yang maksimal. Dikarenakan telah terjadi proses vitrifikasi, pada material a (tanah liat 100%) , kekuatan bendingtengahnya juga naik, hingga menempati posisi kedua pada suhu 1200⁰C, yaitu 17,24 MPa.

Gambar 5. Menunjukkan hasil uji keausan yang dinyatakan dalam volume (mm³) yang hilang dalam satuan beban (kg) dikali jarak (m).



Gambar 5.Perbandingan keausan spesifik pada tiap material dan suhu.

Keausan spesifik menurun dengan naiknya suhu pembakaran. Pada suhu 800⁰C, material yang mengandung kaolin tinggi (material b dan c) cenderung memiliki keausan spesifik yang lebih rendah. Hal ini dikarenakan ikatan antar partikel yang dibentuk oleh kaolin lebih kuat dibanding tanah liat murni dan tanah liat berpenguat kwarsa. Dalam uji keausan, ikatan partikel pada matrik menjadi penentu tinggi rendahnya keausan spesifik suatu material. Oleh sebab itu material berpenguat kwarsa terlihat masih tinggi keausan spesifiknya, dikarenakan yang mengikatnya hanya tanah liat (material f) , ataupun kaolin (material d dan e) dalam jumlah rendah.

Pada suhu pembakaran 1000⁰C, nilai keausan spesifik dari material a (tanah liat 100%) menjadi

nilai tertinggi. Pada material dengan campuran kaolin yang tinggi (material b, dan c) , nilai spesifik keausan hanya mengalami penurunan yang sedikit. Berbeda dengan material d, e, dan f, dimana penurunan nilai spesifik keausan tinggi. Hal ini disebabkan ikatan pada matrik dengan campuran kaolin yang tinggi cenderung stabil terhadap suhu. Material dengan campuran kwarsa spesifik keausannya turun drastis, hal ini terjadi karena material tanah liat pada suhu 1000⁰C sudah mampu berikatan dengan partikel kwarsa dengan lebih baik dibandingkan dengan suhu 800⁰C.

Pada suhu pembakaran 1200⁰C, terlihat pada seluruh spesimen penurunan nilai spesifik keausan yang sangat sedikit.

Kesimpulan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kekerasan, bending, dan keausan meningkat dengan naiknya suhu pembakaran. Pengaruh penambahan kaolin dan kwarsa kekuatan mekanik material. Kekerasan tertinggi oleh tanah liat 100%, adalah 224,21 kg.mm⁻², bending maksimal oleh 20% kaolin – 10% kwarsa dengan nilai 19,13 MPa , dan nilai keausan terendah dicapai oleh campuran 15% kaolin -15% kwarsa sebesar $2,48 \times 10^{-5} \text{ mm}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dan PPPPTK Seni dan Budaya, Studio keramik, Yogyakarta.

Nomenklatur

- a = 100% tanah liat
- b = 70% tanah liat, 30% kaolin
- c = 70% tanah liat, 20% kaolin, 10% kwarsa
- d = 70% tanah liat, 15% kaolin, 15% kwarsa
- e = 70% tanah liat, 10% kaolin, 20% kwarsa
- f = 70% tanah liat, 30% kwarsa
- HV = *hardness vickers*
- WS = *specific abrasion/wear*

Referensi

- ASTM, ASTM C 1161: Standard Test Method for Flexural Strength of Advanced Ceramics at Ambient Temperature, ASTM International, Palo Alto (2002).
- ASTM, ASTM C 1327: Standard Test Vickers Indentation Hardness of Advanced

- Ceramics, ASTM International, Palo Alto (2002).
- ASTM, ASTM C 20: Standard Test Method for Apparent Porosity, Water Absorption, Apparent Specific Gravity, and Bulk Density of Burned Refractory Brick and Shapes by Boiling Water, ASTM International, Palo Alto (2002).
- Budiyanto, W.G., Kriya Keramik untuk SMK Jilid 1,2,3”, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Jakarta (2008)
- Grim,R.E.,Applied Clay Mineralogical, McGraw Hill, New York (1962)
- Pandjaitan, R.R., Pemanfaatan Bahan Campuran Kaolin, Bentonit dan Pasir Kwarsa sebagai Bahan Substitusi Bata Tahan Api” (2008) (<http://surabaya.bpkimi.kemenperin.go.id>) diakses pada tanggal: 20 Desember 2012.
- Shackelford, F.J., &Doremus, H.R., Ceramic and Glass Materials, Structure ,Properties and Processing, Springer Science+Business Media, New York (2008).
- Worrall, W.E., Clays and Ceramic Raw Material, Elsevier Applied Science PublisherLtd., London (1986).