



Pengaruh Dolomite Terhadap Sifat Fisika dan Kimia Keramik

Agustina Dyah Setyowati¹, Sulanjari², Ade Irawan³

^{1,2,3} Fakultas Teknik, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No. 1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : dosen00991@unpam.ac.id¹, dosen01182@unpam.ac.id², dosen00691@unpam.ac.id³

Masuk : 13 Maret 2024

Direvisi: 12 April 2024

Disetujui: 19 April 2024

Abstract: The ceramic industry material has experienced rapid development. This development includes advancements in structure, composition, and physical and mechanical properties. One effort to enhance mechanical strength is by mixing ceramic materials with other materials available in the market. The quality of ceramics is a crucial factor to consider, one of which is by examining the physical and chemical properties of ceramics. Dolomite is one of the materials that significantly impacts ceramic formation; therefore, experiments need to be conducted to determine the extent of dolomite's influence on ceramic quality. Tests are carried out to ascertain the effect of dolomite amount on the characterization of ceramics. The characterization of ceramic samples with added dolomite in various amounts includes chemical and physical properties. The chemical properties of ceramic materials are determined through chemical analysis using X-Ray Fluorescence to identify the elements present in the ceramic materials. Physical properties can be determined by measuring shrinkage, compressive strength, and bending. The obtained chemical and physical properties can be used to determine the appropriate composition of dolomite as a ceramic material to achieve good ceramic quality. The correct material composition will produce ceramic products that are harder and stronger, making them less prone to breaking when heated. The chemical analysis results of dolomite using X-Ray Fluorescence show that the main elements are CaO and MgO with mass percentages of 69.41% and 29.37%, respectively. The more dolomite added to the ceramic raw material, the higher the content of CaO and MgO. The physical properties of ceramics with the addition of 2.50% dolomite in the ceramic material result in a dry shrinkage of 3.37%, firing shrinkage of 8.87%, compressive strength of 74.21 MPa, and bending of 22.76%.

Keywords: Ceramics; Dolomite; Flexural Strength; Shrinkage; Compressive Strength.

Abstrak: Material industri keramik mengalami perkembangan yang begitu pesat. Perkembangan tersebut meliputi di dalam struktur, komposisi, sifat-sifat fisis dan mekanik. Salah satu upaya untuk meningkatkan kekuatan mekanis adalah dengan mencampurkan material gerabah dengan material lain yang tersedia di pasaran. Kualitas keramik merupakan faktor penting yang harus diperhatikan, salah satunya adalah dengan melihat sifat fisik dan kimia dari keramik. Dolomite merupakan salah satu bahan yang berpengaruh dalam pembentukan keramik, oleh karena itu perlu dilakukan percobaan untuk melihat seberapa besar pengaruh dolomite terhadap kualitas keramik. Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh jumlah dolomite terhadap karakterisasi keramik. Sampel keramik yang ditambahkan dolomite dengan berbagai variasi ditentukan karakterisasinya yang meliputi sifat kimia dan fisika. Sifat kimia bahan keramik ditentukan dengan analisa kimia menggunakan X-Ray Fluorescence untuk mengetahui unsur-unsur yang terdapat dalam bahan keramik. Penentuan sifat fisika dapat dilakukan dengan penentuan susut, kuat tekan (strength), dan bending. Hasil sifat kimia dan fisika yang diperoleh dapat digunakan dalam menentukan komposisi dolomite yang tepat sebagai bahan keramik untuk mendapatkan kualitas keramik yang baik, komposisi bahan yang tepat akan menghasilkan produk keramik yang lebih keras dan kuat sehingga tidak mudah pecah ketika dipanaskan. Hasil analisa kimia pada dolomite menggunakan X-Ray Fluorescence menunjukkan unsur utama yaitu CaO dan MgO dengan persentase massa 69,41% dan 29,37%. Semakin banyak dolomite yang ditambahkan pada bahan baku keramik maka semakin banyak pula kandungan unsur CaO dan MgO. Hasil sifat fisika keramik dengan penambahan dolomite 2,50% pada bahan keramik menghasilkan susut kering 3,37%, susut bakar 8,87%, kuat tekan (strength) 74,21 MPa, dan bending 22,76%.

Kata kunci: Keramik; Dolomite; Bending; Susut; Strength.

PENDAHULUAN

Keramik pada awalnya berasal dari bahasa Yunani *keramikos* yang artinya adalah sebuah bentuk dari tanah liat yang telah mengalami proses pembakaran. Pada mulanya diproduksi dari mineral lempung yang dikeringkan di bawah sinar matahari dan dikeraskan dengan pembakaran pada temperatur tinggi. Bahan baku keramik yang umum dipakai adalah feldspar, ball clay, kwarsa, kaolin dan air. Indonesia memiliki sumber material alam yang cukup besar dalam bentuk SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan keramik. Industri keramik awalnya dipandang hanya sebatas dalam pelestarian kearifan budaya lokal, namun dalam perkembangannya industri keramik di Indonesia semakin meningkat dan menjadi salah satu penggerak roda perekonomian nasional yang dapat diandalkan karena pasar yang dimiliki cukup luas baik dalam tingkat domestik maupun dalam tingkat internasional. Dengan peningkatan perindustrian keramik, tentunya akan menaikkan daya saing keramik lokal dengan keramik luar negeri. Maka diperlukan strategi yang tepat untuk bersaing, salah satunya dengan meningkatkan kualitas produk keramik lokal.

Produk dari kerajinan keramik tradisional ini umumnya adalah patung, porselen, ubin, kendi, atau kerajinan yang tidak banyak menerima beban kerja secara terus menerus. Kajian penelitian tentang kekuatan mekanis masih sangat jarang dilakukan karena hal tersebut belum menjadi perhatian utama dalam produksi keramik tradisional. Untuk meningkatkan kualitas produk keramik tradisional ini, perlu dilakukan rekayasa sifat mekanis guna meminimalisir cacat atau rusak saat pengiriman maupun ketahanan pada produk keramik tradisional. Material industri keramik mengalami perkembangan yang begitu pesat. Perkembangan tersebut meliputi di dalam struktur, komposisi, sifat-sifat fisis dan mekanik. Salah satu upaya untuk meningkatkan kekuatan mekanis adalah dengan mencampurkan material gerabah dengan material lain yang tersedia di pasaran. Keramik pada umumnya memiliki sifat keras dan getas, dimana pada permukaan badan keramik berpori, saat menerima beban diatas kemampuan keramik tersebut langsung putus atau pecah dengan deformasi yang sangat kecil.

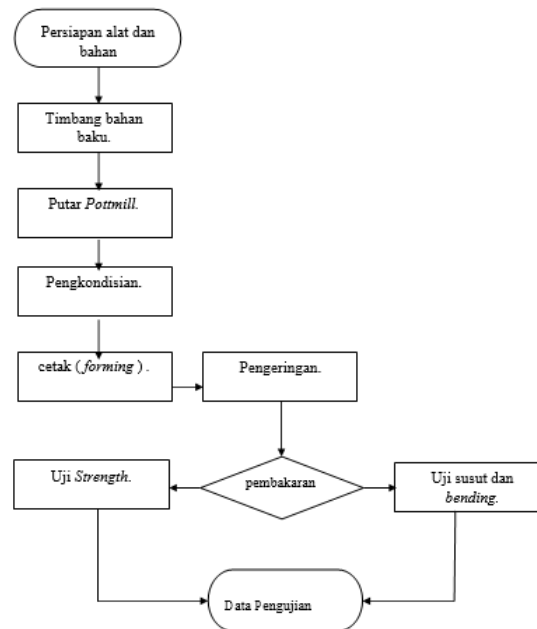
Sejak tahun 1984 telah dikembangkan produk keramik dengan bahan yang tahan suhu lebih tinggi, tekanan yang lebih besar serta sifat-sifat mekanik yang lebih baik. Industri keramik maju menambahkan bahan aditif tertentu seperti dolomite agar tahan terhadap temperature tinggi dan keras. Dolomite tergolong dalam batuan sedimen karbonat yang merupakan kelas batuan sedimen. Senyawa yang penting dalam dolomite adalah kalsium yang ada dalam bentuk senyawa $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ [1].

Pemakaian mineral dolomite hanya sebatas untuk keperluan bahan bangunan, semen, dan pupuk. Penggunaan dolomite dapat digunakan sebagai campuran bahan keramik. Dolomite dapat berfungsi sebagai pelebur yang mengikat bahan pengisi atau rangka pada temperature tinggi. Selain itu dolomite memiliki sifat keras, lunak, hancur sebelum mencapai titik lebur logamnya, dan mengikat unsur-unsur berupa silika serta alumina [2]. Penambahan dolomite dalam bahan keramik perlu dilakukan variasi karena bahan aditif dapat pula menurunkan kualitas keramik seperti keretakan, penyusutan bahan, dan pembengkokan selama proses pembakaran. Komposisi bahan yang tepat akan menghasilkan produk keramik yang lebih keras dan kuat sehingga tidak mudah pecah ketika dipanaskan.

Berdasarkan uraian di atas, pengaruh dolomite terhadap keramik perlu dilakukan karakterisasi yang dapat diketahui dengan memeriksa sifat fisika keramik meliputi susut, bending, dan kuat tekan (strength). Unsur-unsur kimia dalam bahan keramik dan dolomite dapat diketahui dengan analisa kimia menggunakan X-Ray Fluorescence. Hasil sifat kimia dan fisika yang diperoleh dapat menunjukkan komposisi dolomite yang tepat untuk bahan keramik. Dan dalam penelitian ini bahan dolomite yang di jadikan sebagai bahan uji dengan variabel perbandingan persentasi yang digunakan adalah 2,5% , 3,5% dan 4,5% dimana dalam penelitian ini ingin mencari atau mendapatkan persentasi pemakaian dolomite yang sesuai dan mengetahui perubahan sifat fisika keramik sehingga dapat menghasilkan kualitas yang baik dalam memproduksi keramik.

METODOLOGI

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain timbangan Digital, Cawan Stainless, Mesin Potmill, Mesin Agitator, Gelas Ukur 500 mL, Gelas Ukur 300 mL, Tabung BJ (Berat Jenis), Tabung Mariotto, Mesin L Baroido, Mesin Laser Thickness, Heater, Mesin Autograph AGS-X 10 kN, Sigmat, Stopwatch. Sedangkan bahan yang digunakan antara lain, Bahan Baku Clay, Bahan Baku Kaolin, Bahan Baku Feldspar, Bahan Baku pasir kuarsa, Bahan Baku Dolomite, Air.



Gambar 1. Alur Proses Penelitian

Proses Pencampuran Bahan Baku

1. Mengambil masing-masing bahan baku clay, kaolin, feldspar, sericite dan dolomite secukupnya menggunakan mangkuk (sudah diketahui berat mangkuk tersebut).
2. Menimbang berat basah bahan baku clay, kaolin, feldspar, sericite dan dolomite yang sudah diambil menggunakan timbangan digital.
3. Mengeringkan bahan baku clay, kaolin, feldspar, sericite dan dolomite tersebut kedalam mesin pengering dengan temperatur minimal 250°C selama 2 jam.
4. Setelah dikeringkan dengan temperatur 250°C selama 2 jam, kemudian menimbang berat kering dan menghitung kadar air bahan baku clay, kaolin, feldspar, sericite dan dolomite tersebut dengan rumus:

$$Berat\ Kering\ Bahan\ Baku = \frac{Berat\ Basah - Berat\ Kering}{Berat\ Basah} \times 100\%$$

Menghitung keperluan masing-masing bahan baku clay, kaolin, feldspar, sericite dan dolomite dengan rumus:

$$Keperluan\ Bahan = \frac{Kapasitas\ Potmill \times \% \text{Pemakaian Bahan}}{Berat\ Kering\ Bahan\ Baku}$$

5. Menghitung keperluan pemakaian air dengan rumus:

$$Kap.Potmill \times \% \text{Pemakaian Air} - (Total\ Kadar\ Air\ BB - Kap.Potmill)$$

Note: -% Pemakaian Air Sebanyak 42%

6. Mengambil bahan baku clay, kaolin, feldspar, sericite dan dolomite menggunakan cawan stainless dan menimbang keperluan masing- masing bahan baku.
7. Menimbang keperluan bahan water glass dan soda ash dense yang dipakai.
8. Memasukkan bahan baku clay, kaolin, feldspar, sericite dan dolomite dan bahan water glass dan soda ash dense yang sudah ditimbang ke dalam potmill dibantu dengan air.
9. Setelah semua bahan baku clay, kaolin, feldspar, sericite dan dolomite masuk ke dalam potmill, putar potmill dengan waktu minimal 5 jam.
10. Setelah selesai diputar, ambil sample untuk dilakukan pengetesan slip yaitu:
 - a) Tes Berat Jenis slip, apabila berat jenis setelah ditimbang tinggi tindakan yang harus dilakukan adalah penambahan air dengan rumus:

$$Penambahan\ Air = BJ\ Awal - BJ\ Standar \times 0,5\% \times Kap.Slip$$

- b) Tes Partikel slip, apabila partikel setelah di tes hasilnya rendah tindakan yang harus dilakukan adalah Menambah waktu putar dan sebaliknya.

11. Setelah slip dinyatakan OK, turunkan slip dari potmill dan mengayak menggunakan mesh 80 setelah itu putar di mesin agitator agar campuran slip homogen.

Proses Pengkondisian Slip

1. Mengambil slip menggunakan gelas ukur 500 mL dan menimbang berat jenis slip tersebut. Apabila berat jenis slip tersebut tinggi tindakan yang harus dilakukan adalah penambahan air dengan rumus:

$$\text{Penambahan Air} = BJ \text{ Awal} - BJ \text{ Standar} \times 0,5\% \times Kap. Slip$$

2. Setelah berat jenis slip memenuhi standar, membuat serbuk kering slip tersebut dengan cara mengayak slip menggunakan mesh 320 dan ambil serbuk kering tersebut kemudian masukkan kedalam heater.
3. Mengambil slip menggunakan gelas ukur 500 mL dan mengecek viskositas slip menggunakan mesin mariotto tube, gelas ukur 250 mL dan stopwatch. Apabila viscositas slip tersebut tinggi tindakan yang harus dilakukan adalah penambahan water glass dengan rumus:

$$\text{Penambahan Water Glass} = V_0 \text{ Awal} - V_0 \text{ Standar} \times Boume \text{ Water Glass} \times Kap. Slip$$

4. Setelah viskositas slip memenuhi standar, mengambil slip menggunakan gelas ukur 500 mL dan mengecek viskositas slip 30 menit (slip didiamkan didalam mesin mariotto tube selama 30 menit) kemudian mengecek viskositas slip 30 menit tersebut menggunakan mesin mariotto tube, gelas ukur 250 mL dan stopwatch.
5. Setelah viskositas slip 30 menit memenuhi standar, mengambil slip menggunakan gelas ukur 500 mL dan mengecek viskositas slip menggunakan mesin YV (Yield Value).
6. Setelah viskositas slip yang menggunakan mesin YV memenuhi standar, mengambil slip menggunakan gelas ukur 300 mL untuk dilakukan pengetesan L (Baroido) di dalam mesin L (Baroido) untuk mengetahui ketebalan slip tersebut dengan ketentuan:
 - a. Memasukkan slip ke dalam mesin L (Baroido)
 - b. Waktu Casting Time (proses pembentukan body dengan cara mendiamkan slip) selama 20 menit.
 - c. Membuang slip sisa yang ada di dalam mesin L (Baroido) kemudian masukkan air ke dalam mesin L Baroido sebanyak 300 mL yang bertujuan untuk membersihkan sisa slip yang terdapat di dalam mesin L (Baroido).
 - d. Memutar kanan dan kiri sebanyak 7x kemudian membuang air yang sudah bercampur dengan sisa slip tersebut dan menunggu 1 menit agar air habis di dalam mesin L (Baroido).
 - e. Waktu Angin Time (proses pengeringan body hasil pembuangan slip yang masih lunak di dalam mesin L Baroido).
 - f. Melakukan pengujian ketebalan L Baroido menggunakan mesin laser thickness.

Proses Cetak (Forming) Slip

1. Setelah dilakukan pengkondisian slip dan mendapatkan slip yang telah memenuhi standar kemudian slip dilakukan proses cetak (forming) menggunakan mold strength dan bending.
2. Mengambil slip dan memasukkan slip kedalam mold strength dan bending.
 - a. Untuk pembuatan strength dilakukan casting time selama 3 jam agar slip menjadi padat kemudian membuka strength tersebut dan memasukkan strength ke dalam heater selama 12 jam dengan suhu 100°C untuk dilakukan proses pengeringan.
 - b. Untuk pembuatan bending hampir sama dengan strength hanya saja casting time untuk bending selama 2 jam.

Proses Pembakaran Strength

1. Setelah dilakukan pengeringan di dalam heater kemudian keluarkan strength tersebut dan diamkan beberapa menit agar strength dingin.
2. Membersihkan strength tersebut dari sisa proses pencetakan (forming) kemudian melakukan finishing dengan cara menyepon strength tersebut.
3. Membagi strength menjadi 2 yaitu:
 - a. Strength Dry Body (Strength Kering) yang proses nya dilakukan pengeringan di dalam heater selama 12jam dengan suhu 100°C.
 - b. Strenght Firing (Strength Bakar) yang proses nya dilakukan pembakaran di dalam mesin tunnel kiln selama 1 hari dengan suhu mencapai 1160°C.

Proses Pembakaran bending

1. Setelah dilakukan pengeringan di dalam heater kemudian keluarkan bending tersebut dan diamkan beberapa menit agar bending dingin.
2. Untuk uji susut sebelum dibakar di beri tanda terlebih dahulu.

Proses Pengujian Strength

1. Menghidupkan mesin Autograph AGS-X 10kN, kemudian menunggu 15 menit untuk proses warming up mesin tersebut.
2. Mengambil sample test strength kemudian mengukur diameter sample test strength tersebut lalu mencatat pada format yang sudah disediakan.
3. Meletakkan sample test strength tersebut pada mesin Autograph AGS- X 10kN kemudian tekan tombol start untuk memulai proses pengetesan dan tunggu hingga proses selesai lalu mencatat hasil test strength tersebut.
4. Ulangi langkah 2 dan 3 untuk sample test strength selanjutnya sebanyak 6 sample.
5. Kemudian menghitung hasil test strength dengan rumus:

$$Strength = 25,48 \times \frac{P}{D^3} \times 0,098$$

Keterangan:

P : Break (Nilai Hasil Uji Tekan Strength)

D : Diameter Strength

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh jumlah dolomite terhadap karakterisasi keramik. Sampel keramik yang ditambahkan dolomite dengan berbagai variasi ditentukan karakterisasinya yang meliputi sifat kimia dan fisika. Sifat kimia bahan keramik ditentukan dengan analisa kimia menggunakan X-Ray Fluorescence untuk mengetahui unsur-unsur yang terdapat dalam bahan keramik. Penentuan sifat fisika dapat dilakukan dengan penentuan susut, kuat tekan (strength), dan bending. Hasil sifat kimia dan fisika yang diperoleh dapat digunakan dalam menentukan komposisi dolomite yang tepat sebagai bahan keramik untuk mendapatkan kualitas keramik yang baik.

1. Analisa Dolomite dengan X-Ray Fluorescence (XRF)

Analisa komposisi dolomite dilakukan dengan menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF) untuk mengetahui kadar suatu unsur penyusun sampel. Alat X-Ray Fluorescence memanfaatkan sinar X sebagai sumber energi radiasinya dengan panjang gelombang antara 100 Å sampai 0,1 Å dan memiliki energi yang besar berkisar antara 200 eV sampai 1 MeV. Dolomite merupakan salah satu bahan galian industri yang termasuk dalam kelompok mineral karbonat. Hasil analisa kimia menggunakan X-Ray Fluorescence pada dolomite dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia Dolomite

No	Komponen	Persentase Massa (%)
1	Na ₂ O	0,0268
2	MgO	29.3671
3	Al ₂ O ₃	0,2766
4	SiO ₂	0,3902
5	P ₂ O ₅	0,0788
6	SO ₃	0,0784
7	K ₂ O	0,0109
8	CaO	69.4123
9	Fe ₂ O ₃	0,2922
10	SrO	0,0324
11	MnO	0.0278
12	CuO	0.0065

Hasil pengujian dolomite menggunakan X-Ray Fluorescence dapat diketahui bahwa persentase terbanyak penyusun dolomite yaitu magnesium dan kalsium. Kandungan magnesium dan kalsium dinyatakan dalam bentuk oksida. Persentase massa kalsium oksida (CaO) yaitu 69.41% sedangkan magnesium oksida (MgO) yaitu 29.37%. Berdasarkan SNI 02-2804-1992 tentang standar dolomite bahwa kandungan unsur CaO dan MgO pada dolomite minimal 30% dan 18%. Selain itu juga hasil persentase massa Al₂O₃+Fe₂O₃ dan SiO₂ masih rendah yaitu 0,57% dan 0,39% masih dibawah standar yang ditentukan maksimal 3%. Hal tersebut menunjukkan bahwa dolomite memiliki kemurnian yang tinggi. Unsur lain yang terdapat dalam dolomite seperti natrium, silika, sulfur, dan mineral lain merupakan unsur pengotor sedangkan penyusun utama dolomite adalah magnesium dan kalsium.

Dolomite dalam industri keramik digunakan sebagai pelebur yang mengikat bahan pengisi atau rangka pada temperatur tinggi. Unsur dolomite yang terdapat dalam campuran bahan baku keramik seperti clay, kaolin, feldspar, dan sericite dapat diketahui dengan analisa kimia menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF). Hasil analisa kimia menggunakan alat X-Ray Fluorescence (XRF) dengan penambahan dolomite pada bahan keramik dapat dilihat pada Tabel 2.

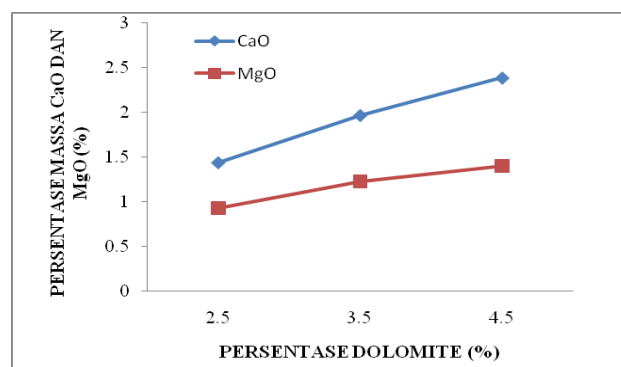
Tabel 2. Analisa Kimia Bahan Keramik dengan Penambahan Dolomite

Dolomite (%)	Persentase Massa (%)						
	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	K2O	TiO2
2,5	65.70	26.70	1,06	1,44	0,93	2,69	0,43
3,5	65.10	26.40	1,07	1,97	1,23	2,69	0,40
4,5	64.90	26.10	1,07	2,39	1,40	2,68	0,42

Hasil yang diperoleh pada tabel 2 menunjukkan unsur-unsur penyusun badan keramik yaitu SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, K₂O, dan TiO₂. Persentase massa tertinggi yaitu SiO₂ dengan hasil ±65% yang merupakan unsur utama dari clay, kaolin, feldspar, dan sericite. Selain itu, unsur Al₂O₃ memiliki persentase massa yang cukup tinggi diatas 26%.

Hal tersebut menunjukkan bahwa komponen utama penyusun badan keramik adalah SiO₂ dan Al₂O₃. Unsur-unsur lain seperti Fe₂O₃, CaO, MgO, K₂O, dan TiO₂ memiliki persentase massa yang rendah tetapi unsur tersebut juga diperlukan sebagai penyusun keramik yang berfungsi untuk memperkuat badan keramik. Penyusun utama bahan dolomite adalah unsur CaO dan MgO yang dapat ditambahkan pada bahan keramik. Unsur tersebut berasal dari mineral yang terdapat dalam dolomite yaitu kalsit (CaCO₃) dan magnesit (MgCO₃). Berdasarkan hasil analisa kimia menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF) semakin banyak persentase dolomite yang ditambahkan pada bahan keramik maka semakin banyak pula persentase massa dari unsur CaO dan MgO. Grafik yang diperoleh semakin meningkat, hal tersebut menunjukkan bahwa adanya perbandingan lurus antara persentase dolomite dengan persentase massa CaO dan MgO. Persentase massa CaO dan MgO menunjukkan bahwa unsur tersebut merupakan komponen utama penyusun dolomite.

Hasil analisa kimia pada dolomite menunjukkan persentase massa CaO dan MgO yang tinggi sebanyak 69.41% dan 29.37% sehingga dapat berpengaruh terhadap unsur-unsur penyusun bahan keramik lainnya. Kandungan unsur dolomite dapat berpengaruh terhadap sifat fisik keramik. Pengaruh yang terjadi pada sifat fisika keramik dapat meliputi susut, kuat tekan (strength), dan bending. Grafik hubungan antara penambahan dolomite dengan persentase massa CaO dan MgO dapat dilihat seperti Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan Antara Persentase Dolomite dengan Persentase Massa CaO dan MgO

2. Hasil Uji Susut

Susut merupakan perubahan pada suatu bahan akibat keluarnya air pada saat bahan tersebut dalam pembakaran atau pencetakan. Perubahan yang dapat terjadi meliputi susut massa, volume, dan panjang bahan [3]. Salah satu bahan yang dapat mengalami penyusutan yaitu keramik. Sampel keramik yang dipanaskan akan mengalami susut yang berbeda sesuai dengan kandungan air yang ada pada bahan. Pemanasan menyebabkan hilangnya air yang dikandung bahan keramik dan butiran yang saling mengikat. Kekosongan bekas zat cair akan diisi oleh zat-zat pelebur yang menyebabkan penyusutan pada bahan.

Pengukuran susut yang dilakukan yaitu penyusutan panjang bahan yang merupakan perbandingan antara selisih pengukuran panjang sampel sebelum dan sesudah pembakaran dengan panjang sampel sebelum dilakukan pembakaran. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur susut yaitu sigmat. Penentuan susut pada keramik dilakukan dengan menghitung nilai susut kering dan bakar berdasarkan perubahan panjang bahan setelah pemanasan. Susut kering merupakan perubahan panjang

bahan saat dilakukan pemanasan dengan temperatur $65 \pm 5^{\circ}\text{C}$, sedangkan susut bakar merupakan perubahan panjang bahan saat dilakukan pembakaran dengan temperatur yang tinggi $\pm 1.200^{\circ}\text{C}$. Penentuan susut kering dan bakar dengan menggunakan rumus seperti di bawah ini:

$$\text{Susut}(\%) = \frac{L_0 - L_1}{L_0} \times 100\%$$

dengan:

L_0 = panjang sampel sebelum dibakar (mm)

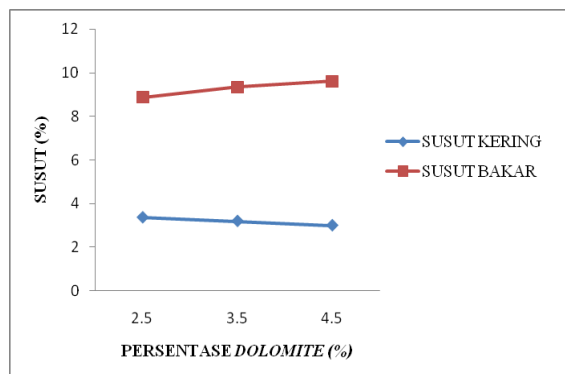
L_1 = panjang sampel setelah dibakar (mm)

Komponen penyusun bahan keramik yaitu clay, kaolin, feldspar, dan pasir kuarsa dengan ditambahkan pula bahan aditif seperti dolomite dengan berbagai variasi. Bahan-bahan tersebut memiliki kandungan air yang berbeda sehingga saat dilakukan proses pemanasan akan mengalami penyusutan. Penyusutan pada bahan keramik meliputi susut kering dan bakar. Pengaruh berbagai variasi penambahan dolomite terhadap nilai susut kering dan bakar pada keramik seperti Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Susut Kering dan Bakar

Persentase Dolomite (%)	Susut Kering (%)	Susut Bakar (%)
2,5	3,37	8,87
3.5	3.20	9,33
4.5	3.00	9,60

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa variasi penambahan dolomite pada bahan keramik memberikan hasil susut yang berbeda-beda. Hal tersebut menunjukkan bahwa dolomite berpengaruh terhadap penyusutan bahan keramik. Hasil susut kering dengan penambahan dolomite 2,50% memberikan hasil tertinggi yaitu 3,37%. Sedangkan susut bakar dengan penambahan dolomite 2,50% menghasilkan nilai terendah yaitu 8,87%. Pengaruh dolomite terhadap hasil susut pada keramik dapat diketahui dari grafik hubungan antara variasi penambahan dolomite dengan hasil susut seperti Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan Antara Persentase Dolomite dengan Hasil Susut

Berdasarkan grafik dapat diketahui bahwa semakin banyak penambahan dolomite pada bahan keramik maka hasil susut kering semakin rendah sedangkan susut bakar semakin tinggi. Dolomite termasuk dalam bahan tidak plastis berfungsi sebagai pelebur yang mengikat bahan pengisi atau rangka pada temperatur tinggi. Selain itu dolomite memiliki sifat keras, hancur sebelum mencapai titik lebur logamnya, dan mengikat unsur berupa silika serta alumina [2].

Semakin banyak dolomite yang ditambahkan maka susut kering semakin rendah, hal tersebut karena kandungan air dalam bahan berbeda-beda. Hasil kadar air pada bahan keramik seperti clay, kaolin, feldspar, dan pasir kuarsa berdasarkan literatur yaitu 12,04%, 13,30%, 12,9%, dan 12,1%. Kadar air untuk bahan aditif seperti dolomite berdasarkan SNI02- 2804, 1992 yaitu dibawah 5%. Hasil kadar air dolomite berdasarkan literatur lebih rendah dibandingkan dengan bahan keramik lainnya. Hasil tersebut menunjukkan bahwa dengan penambahan dolomite yang sedikit maka kandungan air dalam bahan semakin banyak karena bahan keramik lainnya memiliki kadar air yang lebih besar sehingga hasil susut kering dengan penambahan dolomite 2,50% memberikan hasil lebih tinggi. Susut kering yang terlalu tinggi menunjukkan plastisitas bahan semakin tinggi pula yang dapat menyebabkan bahan sulit dibentuk dan memiliki resiko retak. Sedangkan susut kering yang rendah menunjukkan bahan kurang plastis sehingga sulit untuk dibentuk karena sifatnya lebih keras [4].

Hasil susut bakar terjadi setelah proses pembakaran dengan temperatur yang tinggi ±1.200oC. Saat dilakukan pembakaran pada bahan keramik terjadi proses sintering dengan adanya perubahan sifat-sifat kimia dan fisika pada bahan keramik. Proses sintering adalah proses pemadatan dari sekumpulan bahan pada temperatur tinggi sehingga terjadi perubahan struktur mikro seperti pengurangan jumlah dan ukuran pori, serta penyusutan. Hal ini disebabkan oleh butiran-butiran partikel akan tersusun semakin rapat [5]. Tahapan ini tujuannya adalah memadat-kompakkan bahan yang sudah dicetak dengan temperatur tinggi sehingga butiran-butiran dalam partikel yang berdekatan dapat bereaksi dan berikatan. Selama proses pembakaran, kandungan air pada material hilang [6].

Titik lebur unsur dolomite lebih rendah dari pada bahan keramik lainnya sehingga dolomite akan melebur lebih cepat. Semakin banyak dolomite maka akan semakin banyak bahan yang melebur sehingga dapat mengisi pori-pori keramik bekas zat cair atau senyawa lain yang telah menguap maka akan menyebabkan penyusutan dan kekerasan meningkat [7].

3. Hasil Uji Kuat Tekan (Strength)

Kekuatan tekan didefinisikan sebagai ketahanan suatu bahan terhadap pembebanan yang dilakukan sampai bahan tersebut pecah. Penentuan kuat tekan pada keramik dilakukan untuk mengetahui kekuatan dari bahan penyusun keramik jika diberikan suatu pembebanan [3]. Hasil kuat tekan dapat diketahui dengan rumus seperti di bawah ini:

$$T = \frac{8 \times L \times P}{d^3} = \frac{8 \times 10 \text{ cm}}{3,14} \times \frac{P}{d^3}$$

$$= 25,48 \times \frac{P}{d^3} \text{ (kgf} \times \text{cm}^2\text{)}$$

$$= 25,48 \times \frac{P}{d^3} \times 0,098 \text{ (MPa)}$$

Dengan:

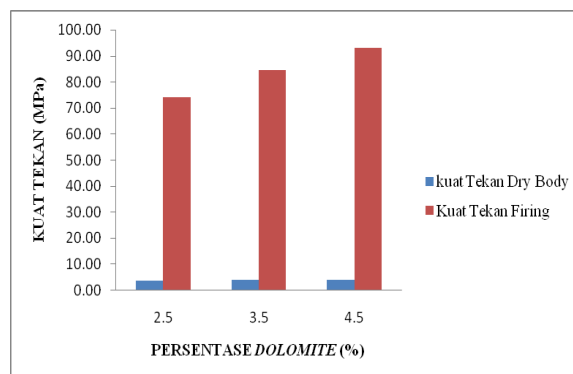
- T = Strength (MPa)
- L = Panjang bahan (cm)
- P = Gaya tekan (kgf)
- d = diameter (cm)

Kekerasan pada keramik dapat ditingkatkan dengan penambahan bahan aditif seperti dolomite. Hasil penentuan kuat tekan dengan penambahan dolomite dapat dilihat seperti Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Kuat Tekan dengan Persentase Dolomite

Persentase Dolomite (%)	Kuat Tekan <i>Dry Body</i> (Mpa)	Kuat Tekan <i>Firing</i> (Mpa)
2,5	3.90	74.21
3.5	4.05	84.50

Berdasarkan Tabel .4 dapat diketahui bahwa dengan variasi penambahan dolomite memberikan hasil kuat tekan yang berbeda-beda. Hasil uji kuat tekan menunjukkan bahwa kekuatan bahan keramik terhadap tekanan akan semakin meningkat dengan bertambahnya bahan dolomite artinya kuat tekan berbanding lurus terhadap penambahan dolomite. Semakin banyak penambahan dolomite dapat meningkatkan kekerasan pada keramik. Hubungan antara dolomite dan hasil kuat tekan dapat dilihat seperti gambar 4.



Gambar 4. Hubungan Antara Persentase Dolomite dengan Kuat Tekan

Gambar 4. menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan dolomite maka hasil kuat tekan semakin meningkat. Penambahan dolomite dengan persentase 2,50% memberikan hasil kuat tekan yang lebih rendah sedangkan penambahan dolomite 3,5% dan 4,5% memberikan hasil kuat tekan yang lebih tinggi. Hasil kuat tekan berbanding lurus dengan penambahan dolomite disebabkan karena proses pembakaran dapat menghasilkan reaksi pada unsur CaO dan MgO dalam bahan keramik membentuk anorthite dan indialite sehingga akan terjadi pemadatan komponen [8]. Titik lebur unsur dolomite lebih rendah dari pada unsur bahan keramik lainnya yang dapat melebur lebih cepat sehingga mengisi kekosongan rongga pada keramik saat dilakukan pembakaran yang dapat meningkatkan kekerasan keramik [7]. Sifat keramik menjadi lebih keras dengan adanya interaksi yang terjadi antara bahan-bahan penyusun keramik. Keramik dengan penambahan dolomite akan semakin padat karena partikel-partikel dalam bahan keramik saling merapat sehingga jarak antar partikel semakin dekat dan bahan menjadi kedap air. Jarak antara partikel yang semakin dekat memungkinkan meningkatnya kekuatan keramik [9].

4. Hasil Uji Bending

Kekuatan bending atau kekuatan lengkung adalah tegangan bending terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Hasil dari pengujian bending terhadap bahan keramik akan mengalami kelengkungan [10]. Kelengkungan yang terjadi akibat adanya tumpuan dan tekanan pada bahan akibat proses pembakaran. Besarnya kekuatan bending ditentukan oleh jenis material dan pembebanan. Pengujian bending dilakukan dengan pemasangan benda uji seperti Gambar 5.



Gambar 5. Pembakaran Benda Uji Bending

Pengujian bending melalui proses pencetakan (forming) seperti penentuan susut. Saat proses pembakaran ditempatkan benda uji seperti gambar diatas sehingga akan menghasilkan kelengkungan pada bahan. Penentuan bending dilakukan dengan mengukur ketebalan benda uji menggunakan mikrometer sekrup dan radius bending bengkok menggunakan sigmat. Hasil pengukuran bending ditentukan menggunakan rumus seperti di bawah ini:

$$\text{Bending (\%)} = T^2 \times R \times \%$$

Dengan:

T = Tebal bahan (mm)

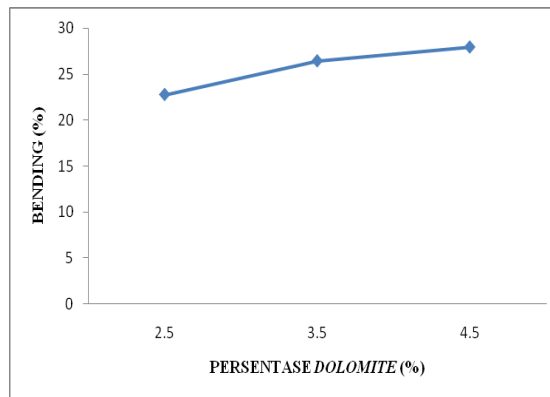
R = Bengkok bahan (mm)

Kelengkungan pada keramik dipengaruhi oleh komposisi penyusun bahan keramik. Dolomite yang ditambahkan pada bahan utama keramik dengan berbagai variasi penambahan. Hasil pengujian bending yang telah dilakukan dapat dilihat seperti Tabel 5

Tabel 5. Hasil Bending dengan Persentase Dolomite

Persentase Dolomite (%)	Tebal Bahan (mm)	Radius Bengkok (mm)	Bending (%)
2,5	9,56	24,9	22,76
3,5	9,86	27,2	26,44
4,5	9,92	28,4	27,95

Berdasarkan Tabel 5 dapat diketahui bahwa semakin banyak penambahan dolomite maka hasil bending akan semakin tinggi. Hasil bending berhubungan dengan kelengkungan badan keramik yang dihasilkan setelah proses pembakaran. Adanya pembakaran dengan temperatur yang tinggi dapat menyebabkan pemuaiian pada bahan keramik sehingga menyebabkan terjadinya kelengkungan yang sesuai dengan tumpuan pada bahan. Pengaruh dolomite terhadap hasil bending dapat dilihat seperti gambar 6.



Gambar 6. Hubungan Antara Persentase Dolomite dengan Hasil Bending

Berdasarkan Gambar 6. menunjukkan adanya hubungan yang berbanding lurus antara persentase dolomite dengan hasil bending. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan dolomite dalam bahan keramik maka hasil bending akan semakin meningkat. Peningkatan hasil bending dapat dipengaruhi oleh unsur yang terdapat dalam dolomite seperti CaO dan MgO. Bahan keramik dengan penambahan dolomite saat pembakaran akan menghasilkan anorthite dan indialite. Senyawa tersebut akan membentuk ikatan yang kuat sehingga partikel pada bahan menjadi semakin rapat yang menyebabkan kelengkungan semakin tinggi [8].

5. Sifat Fisika Keramik

Sifat fisika keramik yang telah dilakukan dengan penambahan dolomite pada bahan keramik meliputi susut, kuat tekan (strength), dan bending. Hasil sifat fisika keramik yang telah dilakukan dapat dilihat seperti Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Susut, Kuat Tekan (Strength), dan Bending

Persentase Dolomite (%)	Susut Kering (%)	Susut Bakar (%)	Kuat Tekan (MPa)	Bending (%)
2.5	3.37	8.87	74.21	22.76
3.5	3.20	9.33	84.50	26.44
4.5	3.00	9.60	93.15	27.95

Berdasarkan Tabel 6 menunjukkan hasil sifat fisika keramik sehingga diperoleh suatu komposisi bahan keramik yang sesuai dengan standar.

Tabel 7. Standar Susut, Bending Dan Strength

Susut Kering (%)	Susut Bakar (%)	Bending (%)	Strength (Mpa)
3±0.5	8.7±0.5	19±4	minimal 70

Berdasarkan standar maka dapat diketahui bahwa komposisi bahan keramik yang sesuai yaitu dengan penambahan dolomite sebanyak 2,50%. Hasil sifat fisika keramik dengan komposisi tersebut adalah susut kering 3,37%, susut bakar 8,87%, kuat tekan (strength) 74,21 MPa, dan bending 22,76%.

KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan pembahasan di dapatkan simpulan:

1. Komposisi penambahan dolomite yang sesuai dengan standar berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan adalah komposisi dolomite 2.5%.
2. Hasil analisa kimia pada dolomite menggunakan X-Ray Fluorescence menunjukkan unsur utama yaitu CaO dan MgO dengan persentase massa 69,41% dan 29,37%.
3. Hasil sifat fisika keramik dengan penambahan dolomite 2,50% pada bahan keramik menghasilkan susut kering 3,37%, susut bakar 8.87%, kuat tekan (strength) 74,21 MPa, dan bending 22,76%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Lalu, "Artikel Bahan Galian Industri: Dolomit," *Makalah Ilmiah. Mataram: Program Studi Kimia Fakultas MIPA Universitas Mataram*, pp. 7–10, 2010.
- [2] Nuryanto, *Pengetahuan Bahan Mentah Keramik*. Bandung: Balai Besar Keramik, 2006.
- [3] P. A. Tipler, *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga, 1998.
- [4] A. Astuti, *Pengetahuan Keramik*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 1997.
- [5] P. Sebayang, Muljadi, and A. Tetuko, "Pembuatan Bahan Filter Keramik Berpori Berbasis Zeolit Alam dan Arang Sekam Padi," *J. Teknol. Indones.*, vol. 32, no. 2, pp. 99–105, 2009.
- [6] C. G. Mothé and M. C. R. Ambrósio, "Processes occurring during the sintering of porous ceramic materials by TG/DSC," *J. Therm. Anal. Calorim.*, vol. 87, pp. 819–822, 2007, doi: 10.1007/s10973-006-8196-8.
- [7] A. P. Bayuseno, "Pengembangan dan Karakterisasi Material Keramik Untuk Dinding Bata Tahan Api Tungku Hoffman K1," *ROTASI*, vol. 11, no. 4, pp. 5–10, 2009, doi: 10.14710/rotasi.11.4.5-10.
- [8] X. Xu *et al.*, "Effect of dolomite and spodumene on the performances of andalusite composite ceramics for solar heat transmission pipeline," *Ceram. Int.*, vol. 41, no. 9, Part B, pp. 11861–11869, 2015, doi: 10.1016/j.ceramint.2015.05.155.
- [9] H. Kiswanto, "Optimasi Sifat-Sifat Mekanik Genteng Pres dengan Bahan Aditif Silika dan Dolomit," Universitas Negeri Semarang, 2011.
- [10] Purwanto, "Studi Sifat Bending dan Impact Komposit Serat Kenaf Acak-Polyester," Unnes, Semarang, 2006.