



PENGARUH VARIASI KOMPOSISI KAOLIN DAN ALUMINA TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIK PADA REFRAKTORI BATA TAHAN API

Aji Sutrisno^{1*}, Tumpal Ojahan R²

^{1,2}Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Malahayati, Lampung
Email: ajisutrisno95957@gmail.com¹, tumpal_ojahan@yahoo.com²

Abstract

The development of metal smelting, cement, ceramic, and power generation industries demands materials capable of withstanding high temperatures and extreme environmental conditions. One such material widely used in these applications is refractory brick. Broadly speaking, refractory materials are multiphase ceramics designed to operate under harsh service conditions at very high temperatures. Refractory bricks belong to the group of refractory ceramics due to their ability to endure elevated temperatures (Utomo, 2010). Kaolin serves as a binder due to its excellent bonding properties with quartz. Kaolin consists of alumina and silica derived from the weathering of feldspar minerals or granite rocks. Analysis of its mineral composition reveals major components including silica (SiO₂) at 48.70%, alumina (Al₂O₃) at 36.73%, water (H₂O) at 13.96%, and trace amounts of metal oxides. This study aims to analyze refractory bricks produced by sintering kaolin and alumina at 700°C, followed by varying compositions of kaolin, alumina, and chamotte, and firing at 1300°C. Based on the test results, variations in material composition influence the structure and strength of alumina-based refractory bricks. Porosity, linear shrinkage, and compressive strength tests indicate that Sample 2 exhibits the highest compressive strength among all variations.

Keywords: Kaolin, Alumina, Fire Brick

Abstrak

Perkembangan industri peleburan logam, semen, keramik, dan pembangkit energi menuntut penggunaan material yang mampu bertahan pada temperatur tinggi serta kondisi lingkungan yang ekstrem. Salah satu material yang banyak digunakan dalam aplikasi tersebut adalah bata tahan api (refraktori). Secara garis besar, bahan tahan api adalah keramik multifasa yang dirancang untuk beroperasi dalam kondisi layanan yang keras pada suhu yang sangat tinggi. Bata tahan api termasuk dalam kelompok keramik refraktori, karena kemampuannya dalam menahan temperatur yang tinggi (Utomo, 2010). Kaolin memiliki fungsi sebagai pengikat, karena sifatnya yang mengikat kuarsa dengan sangat baik. Kaolin tersusun dari alumina dan silika yang berasal dari pelapukan mineral feldspar atau pelapukan batu granit. Hasil analisa kandungan mineral terdiri dari komponen utama silika (SiO₂) 48.70%, alumina (Al₂O₃) 36.73%, air (H₂O) 13.96%, dan oksida-oksida logam dalam jumlah sangat kecil. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bata tahan api dengan sintering kaolin dan alumina pada suhu 700°C erta dengan memvariasikan komposisi kaolin, alumina dan chamotte dengan temperature pembakaran 1300°C. berdasarkan hasil pengujian Variasi komposisi material mempengaruhi struktur dan kekuatan pada bata tahan api berbasis alumina diketahui berdasarkan hasil uji porositas, susut bakar dan kuat tekan sampel 2 memiliki kekuatan tekan yang paling tinggi diantara sampel variasi lain.

Kata Kunci: Kaolin, Alumina, Bata Api

PENDAHULUAN

Perkembangan industri peleburan logam, semen, keramik, dan pembangkit energi menuntut penggunaan material yang mampu bertahan pada temperatur tinggi serta kondisi lingkungan yang ekstrem. Salah satu material yang banyak digunakan dalam aplikasi tersebut adalah bata tahan api (refraktori). Refraktori berfungsi sebagai pelapis tungku, kiln, furnace, dan peralatan industri bersuhu tinggi untuk menjaga kestabilan termal serta melindungi struktur utama dari kerusakan akibat panas dan reaksi kimia.

Sementara itu pemenuhan kebutuhan akan refraktori bata tahan api dalam negeri masih belum memadai, hal tersebut selaras dengan data yang dikeluarkan kementerian perindustrian RI. Permintaan bata tahan api terus meningkat setiap tahunnya, dengan perkembangan tersebut diharapkan produksi bata tahan api dapat ditingkatkan (Damanik, 2020). Namun berdasarkan data Kementerian Perindustrian RI, dari kebutuhan nasional terhadap produk refraktori yang mencapai 150.000-200.000 ton per tahun, industri dalam negeri baru bisa memasok sebesar 50.000 per tahun (Kemenperin, 2019).

Secara garis besar, bahan tahan api adalah keramik multifasa yang dirancang untuk beroperasi dalam kondisi layanan yang keras pada suhu yang sangat tinggi. Misalnya material tersebut diharuskan tahan terhadap guncangan termal yang parah akibat pembebanan termomekanis yang berulang dan/atau korosi kimia (F. Gu, dkk 2022). Berdasarkan hal tersebut penting untuk memahami keseluruhan spesifikasi refraktori bata tahan api agar nanti dapat mengoptimalkan penggunaan refraktori, penggunaan refraktori bata tahan api pada industri pengecoran tergantung bahan atau material yang akan dilakukan proses furnace, jika titik cair tidak melebihi 1300°C maka bata api yang paling sering digunakan yaitu bata tahan api SK 34, karena memiliki temperatur kerja maksimum (*Maximum Services Temperature*) hingga mencapai 1300°C. Bahan tahan api yang digunakan dalam industri kaca atau baja biasanya terdiri dari banyak konstituen yang menunjukkan distribusi ukuran partikel yang berbeda-beda yang ditujukan untuk memberikan sifat yang diperlukan untuk memenuhi spesifikasi pengguna akhir (Yamila S. Lagorio, dkk 2022). Selaras dengan pernyataan tersebut salah satu langkah mendapatkan refraktori bata tahan api yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan adalah dengan mencampurkan atau memvariasikan bahan-bahan yang mempunyai kekuatan ketahanan temperatur yang tinggi. mullite merupakan fase kristal terpenting dalam banyak keramik tanah liat, yang merupakan mineral dalam bentuk $3\text{Al}_2\text{HAl}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, Memberikan sifat penting untuk sistem tahan api (ekspansi termal rendah, konduktivitas termal rendah, stabilitas kimia yang baik, stabilitas termomekanis yang sangat baik).

Penelitian terkait yang sebelumnya telah dilakukan seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Amin dkk., pada (2018) yaitu tentang karakterisasi bata refraktori dengan bahan baku lokal di Provinsi Lampung- Indonesia, bahan baku seperti pasir kuarsa, kaolin, bentonit, feldspar dan ball clay dicampurkan, kemudian dibagi menjadi 7 macam komposisi. Hasilnya pada batu bata komposisi mendekati bata tahan api tipe SK-34 yaitu SiO_2 sebanyak 54,21%, Al_2O_3 sebesar 25,38% dan hasil uji densitas sebesar 2,25 g/cm³, porositas senilai 18,98% serta kuat tekan senilai 325 kg/cm². Didapatkan bahwa massa jenis berbanding terbalik dengan porositas yang disebabkan oleh proses sintering, karena partikel serbuk melebur menjadi fase padat sehingga menurunkan nilai porositas. Penelitian lainnya yaitu mempelajari pengaruh variasi komposisi aditif sekam padi dengan lempung dan kaolin alami terhadap karakteristik keramik berpori pada temperatur pemanasan 900 °C, 1000 °C dan 1100 °C. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Siagian dan Hutabalian pada (2012), diketahui bahwa bertambahnya komposisi abu sekam padi meningkatkan nilai porositas dan sifat mekanik, sedangkan densitas dan susut bakarnya menurun. Nilai susut bakar pada temperatur

sintering 900 °C – 1100 °C adalah (18,91 - 23,31)%, nilai porositas (27,80- 56,94)%, nilai densitas (1,33 – 1,71) g/cm³ , nilai kekerasan (8,78 – 12,87) kgf/mm² .

TINJAUAN PUSTAKA

Bata tahan api termasuk dalam kelompok keramik refraktori, karena kemampuannya dalam menahan temperatur yang tinggi (Utomo, 2010). Sebagai material refraktori, bata tahan api memiliki ketahanan yang baik hingga temperatur 1580°C. Bata tahan api juga dapat bertahan pada berbagai kondisi tegangan mekanik (mechanical stress), zat kimia, cairan dan leburan logam maupun gelas. Sifatnya yang stabil terhadap perubahan kimia, tidak terdeformasi pada temperatur tinggi, tahan korosi dan perubahan temperatur menjadi kelebihan dari bata tahan api. Kemampuan ini yang membuat bata tahan api banyak dimanfaatkan dalam berbagai industri seperti peleburan logam dan gelas, serta pelapis pada tungku atau klin (Faizah, 2016).

Berdasarkan standar ASTM C134-95 dan ASTM C27-98, bata tahan api memiliki dimensi panjang 8,94 inci, lebar 4,36 inci dan ketebalan 2,96 inci, dengan massa jenis sebesar 1,90 - 2,21 g/cm³. Komponen penyusun pada produk refraktori, khususnya bata tahan api diantaranya :

1. Lempung

Mengandung banyak kaolinite, silika dan illite tergantung dari jenis material yang digunakan, selain itu banyak yang mengandung mineral besi.

2. Alumina

Dengan rumus kimia Al₂O₃, banyak digunakan karena memiliki sifat penghambat panas yang baik, tahan terhadap asam dan juga korosi, serta titik lebur tinggi hingga 2072°C. Alumina juga ialah salah satu bahan utama dalam pembuatan glasir yang berfungsi sebagai bahan pengeras dalam glasir. Selain menjadi bahan pengeras dalam keramik, alumina juga berfungsi membuat lapisan glasir menjadi kental, membuat glasir menjadi kuat dan keras, meningkatkan daya tahan, kekerasan, dancilap serta mengurangi pemuaiian glasir.

3. Silika

Sumber alami silika dapat ditemukan pada kuarsa dan material lainnya. Sifat yang dimiliki oleh silika seperti tahan terhadap korosi dan asam, insulator yang baik, memiliki nilai penyusutan yang rendah (Faizah, 2016).

Refraktori

Refraktori adalah bahan anorganik non-logam yang tahan terhadap panas dan mempertahankan stabilitas fisik dan kimia yang cukup untuk tujuan struktural saat mereka terkena lingkungan dengan suhu tinggi. Menurut standar ASTM C71, refraktori didefinisikan sebagai "bahan nonmetalik yang memiliki sifat kimia dan fisika yang membuatnya sesuai untuk struktur, atau sebagai komponen sistem, yang terkena lingkungan di atas 1000°F / 538°C . Bata tahan api juga dapat bertahan pada

berbagai kondisi tegangan mekanik (*mechanical stress*), zat kimia, cairan dan leburan logam maupun gelas. Sifatnya yang stabil terhadap perubahan kimia, tidak terdeformasi pada temperatur tinggi, tahan korosi dan perubahan temperatur menjadi kelebihan dari bata tahan api, hal itu yang mendasari bata tahan api cocok menjadi material refraktori. Kemampuan ini yang membuat bata tahan api banyak dimanfaatkan dalam berbagai industri seperti peleburan logam dan gelas, serta pelapis pada tungku atau klin (Faizah, 2016). Penggunaan bata tahan api tergantung pada komposisi senyawa penyusunnya, karena senyawa ini yang akan menentukan sifat fisika maupun kimia material tersebut (Faizah, 2016). Bata tahan api dengan kandungan Al_2O_3 rendah ($\leq 30\%$) banyak dimanfaatkan dalam pelapisan tungku atau klin, sementara untuk kandungan Al_2O_3 tinggi (40-90%) banyak digunakan dalam industri bertemperatur tinggi karena bersifat stabil dan tahan akan korosi.

1. Sifat-Sifat Refraktori

Memahaman sifat-sifat dari refraktori adalah dasar untuk pengembangan, peningkatan, pengendalian mutu dan pemilihan pelapis tahan api untuk proses suhu tinggi. Pemilihan lapisan tahan api dilakukan secara sistematis dimulai dengan hati-hati. Sifat fisik dan kimia dari refraktori yang harus dipertimbangkan untuk mendapatkan produk tahan api unggul dari segi kualitas dan manufaktur. Proses untuk memastikan bahwa produk memenuhi standar yang ditetapkan. Berdasarkan buku yang ditulis (Charles Schacht, 2004) Sifat-sifat yang harus diperhatikan saat mendesain refraktori ialah sebagai berikut :

- Sifat Fisik : Massa jenis, Porositas, Kekuatan, Abrasi
- Panas Thermal : Ekspansi termal, Konduktivitas termal, Difusivitas
- Bahan Kimia : Korosi / erosi

Menurut lakonan,dkk (2020), refraktori harus memenuhi persyaratan akan ketahanan guncangan termal yang tinggi, kelembaman dalam reaksi kimia, dan koefisien muai panas, dalam kisaran suhu tinggi yang diinginkan.

2. Klasifikasi Refraktori

Refraktori diklasifikasikan menurut keadaan fisiknya, ada dua bentuk dasar refraktori yang digunakan di daerah tertentu yaitu refraktori bata (berbentuk) dan refraktori monolitik (tidak berbentuk) (Charles Schacht, 2004). Bahan baku yang digunakan untuk persiapan refraktori monolitik tidak ada perbedaan yang signifikan dengan yang digunakan untuk menyiapkan bata refraktori. Pada refraktori monolitik tidak diperlukan proses pembentukan tekan/cetak tekan dan pembakaran pada saat proses pembentukannya, seperti halnya yang dilakukan pada bata refraktori. Sehingga dapat menghemat penggunaan energi, waktu pembuatan, serta meningkatkan produksi kerja.

Berdasarkan standar ASTM C27-98 (2018), bata tahan api alumina tinggi diklasifikasikan dalam 5 kelas yaitu seperti pada Tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Klasifikasi Bata Tahan Api Alumina Tinggi

Type Clas	PCE	Maximum Temperatur °C	Density (gr/cm ³)	Chemical Analisis (%)			CCS (N/mm ²)
				Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	
HA-50	≥ 34	1.400	2.15	50	47	1.7	≥ 48
HA-60	≥ 35	1.500	2.25	62	37	1.5	≥ 48
HA-70	≥ 36	1.550	2.35	72	33	1.9	≥ 50
HA-80	≥ 37	1.600	2.7	80	32	1.4	≥ 70
HA-90	≥ 39	1.710	2.9	91	7	0.5	≥ 70

KAOLIN (Al₂O₃.2SiO₂.2 H₂O)

Kaolin adalah bahan tambang alam yang termasuk dalam jenis tanah lempung (*clay*) dimana mineral penyusun utamanya adalah kaolinit. Tanah lempung kaolin memiliki warna putih atau putih keabu-abuan. Sebagai bahan tambang, kaolin bercampur dengan oksida lainnya seperti magnesium oksida, kalsium oksida, kalium oksida dan lain-lain (Ismail, et al., 2013). Kaolin tersusun dari alumina dan silika yang berasal dari pelapukan mineral feldspar atau pelapukan batu granit. Hasil analisa kandungan mineral terdiri dari komponen utama silika (SiO₂) 48.70%, alumina (Al₂O₃) 36.73%, air (H₂O) 13.96%, dan oksida-oksida logam dalam jumlah sangat kecil (Alkan et al., 2005). Kaolin memiliki fungsi sebagai pengikat, karena sifatnya yang mengikat kuarsa dengan sangat baik. Sehingga kaolin banyak dimanfaatkan dalam pembuatan keramik halus (Sriwijaya et al., 2013). Partikel yang halus dan berkualitas tinggi membuat kaolin banyak juga dimanfaatkan dalam aplikasi farmasi, kosmetik, cat, plastik dan industri kertas (Sa'adah et al., 2019). Dombrowski (2000) menyatakan bahwa kaolin merupakan salah satu mineral lempung alam yang murah dan melimpah sehingga penggunaan kaolin sebagai adsorben relatif sangat ekonomis.

Kaolin memiliki fungsi sebagai pengikat, karena sifatnya yang mengikat kuarsa dengan sangat baik. Sehingga kaolin banyak dimanfaatkan dalam pembuatan keramik halus (Sriwijaya et al., 2013), partikel yang halus dan berkualitas tinggi membuat kaolin banyak juga dimanfaatkan dalam aplikasi farmasi, kosmetik, cat, plastik dan industri kertas (Sa'adah et al., 2019). Beberapa contoh mineral yang termasuk kaolin antara lain kaolinit, nakrit dan haloisit. Akibat dari dilakukannya pemanasan, terjadi aktivasi pada kaolin yang menyebabkan pori-pori pada permukaan melebar sehingga terjadi proses rekristalisasi. Proses aktivasi sangatlah penting dalam menentukan ukuran permukaan, karna semakin bertambahnya luas permukaan maka zat-zat pereaksi mudah terabsorpsi. Proses aktivasi dapat dilakukan secara fisika (aktivasi termal) maupun secara kimia (Sari dan Wijayanti, 2016).

Aluminium Oksida (Al₂O₃)

Aluminium oksida merupakan sebuah senyawa kimia dari aluminium dan oksigen, dengan memakai rumus kimia Al₂O₃. Aluminium Oksida dapat disebut juga dengan alumina, dan dalam

bidang pertambangan, keramik dan teknik material, senyawa ini paling banyak disebut juga dengan nama alumina. *Aluminium oksida* juga adalah insulator (penghambat) panas dan listrik yang baik. *Alumunium oksida* merupakan padatan mineral berpori yang dibuat dengan perlakuan panas atau kalsinasi dari bahan alam yang banyak mengandung Al (*Alumunium*).

Bentonit ($Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$)

Bentonit adalah mineral sejenis lempung dengan sifat khusus yaitu mudah mengembang dan memiliki permukaan yang cukup luas. Menjadikan bentonit cocok dimanfaatkan sebagai material adsorben (Dewi dan Hidajati, 2012). Luas permukaan bentonit sekitar $62 \text{ m}^2/\text{g}$, serta didalamnya memiliki kandungan unsur seperti Al, Si, Mg, K, Ca dan Fe (González-Santamaría et al., 2021). Bentonit banyak ditemukan pada tambang pasir maupun minyak dan dianggap menimbulkan masalah lingkungan karena menghambat pengeringan air (Shakeel et al., 2021).

Chamotte

Chamotte atau pasir api mengandung kadar silica dan alumina yang tinggi. *Chamotte* umumnya digunakan dalam berbagai industri seperti produksi bata api, industri keramik tungku pembakaran dan lain-lain. *Chamotte* yang kami gunakan adalah *chamotte* yang berasal dari limbah atau bekas bata tahan api sk-34.

Uji Fisis

Uji Fisis dilakukan untuk mengetahui sifat fisis suatu material, adapun pengujinya sebagai berikut:

1. Porositas

Jumlah poros atau pori-pori dalam material mempengaruhi tingkat kekuatan, sehingga nilainya berbanding terbalik dengan kuat tekan. Untuk itu diperlukan perhitungan berdasarkan ASTM C20-00 seperti pada persamaan sebagai berikut:

$$\phi = \frac{(m_2 - m_1) \times 100\%}{V}$$

Keterangan :

ϕ = Porositas (%)

m_1 = Massa kering (g)

m_2 = Massa jenuh (g)

V = Volume (cm^3)

2. Susut Bakar

Susut bakar menunjukkan perubahan dimensi material refraktori akibat pemanasan, contohnya penyusutan yang terjadi karena meleburnya ukuran lempung, kemudian saling mendekat, menempel dan menyatu satu sama lain. Kejadian ini membentuk struktur yang semakin kompak,

karna terisinya pori-pori dan hilangnya kandungan air selama pembakaran. Perhitungan yang dipakai berdasarkan SNI 15-2049-2004 seperti pada persamaan sebagai berikut:

$$SB = \frac{ma - mb}{ma} \times 100\%$$

Keterangan :

SB = Penyusutan (%)

ma = Massa sebelum dibakar (g)

mb = Massa setelah dibakar (g)

3. Cold Crushing Strength (CCS)

Cold Crushing Strength (CCS) dalam refraktori adalah pengujian untuk melihat kekuatan material terhadap tekanan atau beban. Pengujian ini termasuk rangkaian test kekuatan benda dengan memberikan tekanan tertentu sampai batas maksimal pada luas permukaan benda tersebut, maka dari itu dapat dilakukan perhitungan berdasarkan ASTM C133-97 seperti pada persamaan sebagai berikut sebagai berikut :

$$CCS = \frac{F}{A}$$

Keterangan :

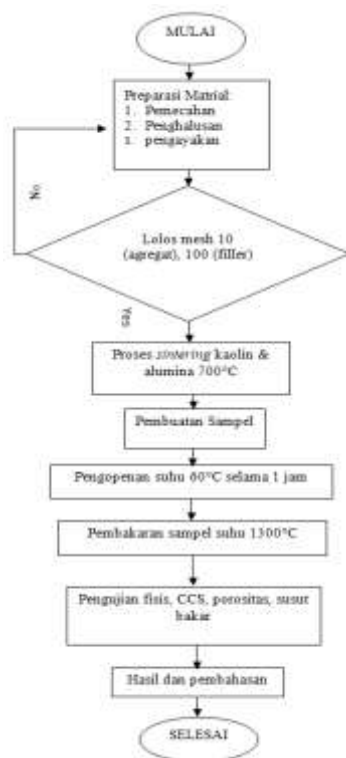
CCS = Nilai CCS (N/mm² atau MPA)

F = Beban maksimum (N)

A = Luas permukaan (mm²)

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Prosedur Penelitian

Adapun tahapan dalam penelitian ini telah disusun tahap demi tahap, mulai dari pengumpulan raw material, lalu tahap preparasi, pembuatan sampel spesimen dan pengolahan data hasil pengamatan dan pengujian. Tahapan penelitian pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Preparasi Material

- Material padatan seperti kaolin, *chamotte* bata api disiapkan, kemudian di ball mill selama 1 jam.
- Semua material kaolin, dan *chamotte* bata api yang telah digerus, kemudian diayak menggunakan ayakan 10 mesh untuk agregat, 100 mesh untuk *filler*

2. Proses Sintering

Proses *sintering* dilakukan pada bahan kaolin dan alumina setelah preparasi selesai menggunakan *muffle furnace* pada temperature 700°C dan. Setelah mencapai temperatur yang ditentukan kemudian ditahan selama 1 jam dan didiamkan sampai mencapai suhu ruang.

3. Pembuatan Sampel

Tahapan pembuatan sampel bata tahan api sebagai berikut:

- Material ditimbang sesuai dengan variasi komposisi (total berat 250 gram)
- Variasi komposisi sampel bata tahan api dengan keterangan Kaolin (K), Alumina (A), *Chamotte* (C) dapat dilihat dalam Tabel 3.3

Tabel 3.3 Variasi Komposisi Bata Tahan Api (April, 2024)

No	Sampel	Kode Sampel	Temperatur (°C)
----	--------	-------------	-----------------

1	Sampel 1	S7K20A30	700
2	Sampel 2	S7K15A35	700
3	Sampel 3	S7K10A40	700

- Kaolin, *chamotte* bata tahan api, alumina, dan *bentonite* dicampurkan sesuai dengan variasi komposisi.
- Air ditambah sebanyak 20% dari berat total material sedikit demi sedikit, hingga adonan tercampur rata.
- Adonan dimasukkan ke dalam cetakan tabung silinder kemudian dipadatkan dengan penekan alat press sampai penekan mencapai tekanan 10 ton dan ditahan selama 3 menit.
- Setelah bata tahan api dicetak, kemudian dioven dengan temperatur 60°C dan ditahan selama 1 jam sebelum dikeluarkan.
- Bata tahan api lalu difurnace dengan temperatur 1300°C waktu penahanan selama 1 jam dan setelahnya didinginkan sampai mencapai suhu ruangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini data yang didapatkan dari hasil pengujian: porositas, dan susut bakar dan CCS. Dari data yang didapatkan diketahui bahwa hipotesa yang dipakai memiliki pengaruh dengan penelitian tersebut. Gambar dibawah merupakan sampel uji BTA sebelum dan sesudah dibakar.

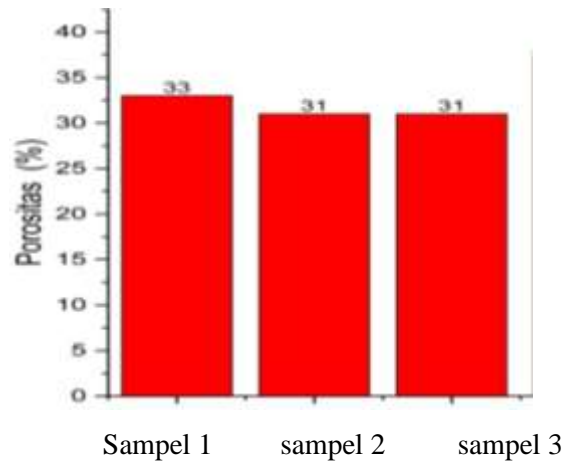


(a)

(b)

Gambar 2. Sampel Bata Tahan Api (a) Sebelum dan (b) Sesudah Dibakar pada suhu 1300°C

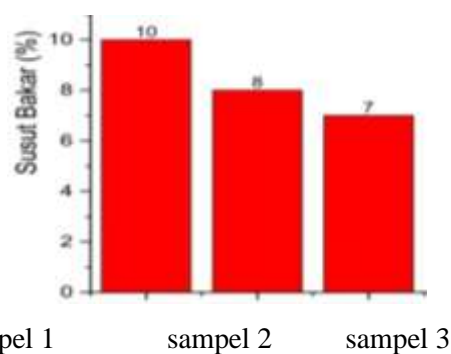
Hasil Uji Porositas



Gambar 3. Sampel Bata Tahan Api

Hasil pengujian sampel diatas setiap sampel memiliki hasil yang berbeda, pada hasil pengujian porositas didapatkan nilai tertinggi sebesar 33% pada sampel satu dan terendah 31 % pada sampel 2 dan 3. Porositas yang tinggi dapat mempengaruhi sampel bata tahan api. Hasil analisis tiap sampel uji porositas diketahui melebihi standar porositas bata tahan api HA-50 yang ditetapkan ASTM C134-95, (2023), dengan nilai persentase berkisar 20% - 24%. Porositas yang tinggi dapat mempengaruhi sampel uji terhadap penyerapan air hal tersebut disebabkan kerapatan struktur bata tahan api yang memiliki rongga ruang kosong atau pori.

Hasil Uji *Permanent Linier Change* (PLC)

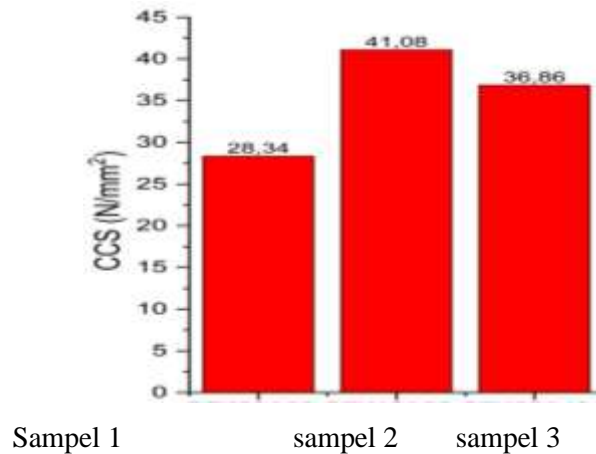


Gambar 4 Sampel Bata Tahan Api

Berdasarkan hasil pengamatan analisis uji PLC diketahui tiap sampel varisasi memiliki nilai penyusutan yang melebihi standar yang ditetapkan ASTM C134-95, (2023) dimana nilai penyusutan yaitu pada 2%. Penyusutan volume massa dapat disebabkan karna meleburnya ukuran lempung, kemudian saling mendekat, menempel dan menyatu satu sama lain dan mehilangnya molekul air yang tersisa akibat perlakuan pembakaran. hal tersebut selaras dengan pernyataan Escalante dkk., (2022),

dimana saat temperatur meningkat berat sampel akan berkurang karena kehilangan masa yang dihasilkan degradasi termal.

Hasil Uji *Cold Crushing Strength* (CCS)



Gambar 5 Sampel Bata Tahan Api

Berdasarkan hasil analisis perbandingan nilai CCS pada tiap sampel bata tahan api diketahui nilai kuat tekan terbaik yaitu pada sampel 2 dengan nilai 41,08 N/mm². Sedangkan kuat tekan terendah ada pada sampel 1 yaitu diangka 28,34 N/mm². Berdasarkan hasil uji CCS diketahui nilai mampu tahan terhadap pembebanan pada tiap sampel masih dibawah standar yang ditetapkan ASTM C27-98, (2018) pada klasifikasi bata tahan api HA-50. Hal tersebut dapat disebabkan tingginya porositas atau rongga pori pada bata tahan api, hal tersebut selaras dengan data Gambar porositas sampel bata tahan api memiliki persentase yang relatif tinggi. Rendahnya nilai kuat tekan bata tahan api juga dapat dipengaruhi kandungan komposisi yang terkandung dalam susunan penyusunnya. Hal serupa juga terjadi pada penelitian yang dilakukan Chen dkk., (2022), dimana semakin meningkatnya kandungan SiO₂ dapat mengakibatkan kuat tekan benda uji menjadi lebih rendah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa variasi komposisi material memberikan pengaruh yang signifikan terhadap struktur fisik dan sifat mekanik bata tahan api berbasis alumina. Perbedaan komposisi bahan penyusun menyebabkan perubahan karakteristik porositas, susut bakar, serta nilai kuat tekan yang dihasilkan pada setiap sampel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin optimal komposisi material yang digunakan, maka kualitas bata tahan api yang dihasilkan juga semakin baik. Dari seluruh variasi yang diuji, sampel 2 menunjukkan performa terbaik dengan nilai kuat tekan tertinggi dibandingkan sampel lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa komposisi pada sampel 2 mampu menghasilkan struktur yang lebih padat, porositas yang terkendali, serta kestabilan dimensi yang baik setelah proses pembakaran. Dengan

demikian, komposisi material pada sampel 2 dapat direkomendasikan sebagai formulasi yang paling efektif untuk menghasilkan bata tahan api berbasis alumina yang memiliki kekuatan mekanik tinggi dan berpotensi digunakan pada berbagai aplikasi industri yang membutuhkan ketahanan terhadap suhu tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Para penulis mengucapkan terima kasih atas fasilitas, dukungan ilmiah, dan teknis dari Laboratorium Karakterisasi Lanjutan Lampung, Pusat Penelitian Teknologi Pertambangan, Organisasi Riset untuk Nanoteknologi dan Material, Badan Riset dan Inovasi Nasional melalui E-Layanan Sains. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Bapak David Candra Birawida, S.T., M.Si. atas bimbingannya dalam penelitian tugas akhir saya.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C133-97. (2021), Standard test methods for cold crushing strength and modulus of rupture of refractories, *ASTM International*, 97 (Reapproved 2008), 1–6.
- Alkan, Mahir., Hopa, Cigdem., Yilmaz, Zurriye., & Guler, Halil (2005), “The Effect Of Alkali Concentration And Solid/Liquid Ratio On The Hydrothermal Synthesis Of Zeolite Naa From Natural Kaolinite”, *Microporous and Mesoporous Materials, Faculty of Science and Literature, Department of Chemistry*, Vol.86, Hal. 176-184, Turkey.
- Amin, M., Suryana, Y. I., Isnugroho, K., Aji, B. B., Birawidha, D. C., & Hendronursito, Y. (2018), Characterization Of Refractory Brick Based On Local Raw Material From Lampung Province – Indonesia, *AIP Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1063/1.5030269>.
- ASTM C20-00. (2015), Standard Test Methods for Apparent Porosity, Water Absorption, Apparent Specific Gravity, and Bulk Density of Burned Refractory Brick and Shapes by Boiling Water, *ASTM International*.
- ASTM C27-98. (2018), *Standard Classification of Fireclay and High-Alumina Refractory Brick*. ASTM International.
- Charles Schacht (2004), *Refractories Handbook*. 1st Edition, Taylor & Francis Group, Francis.
- Faizah, S., (2016), *Mata Pelajaran Kimia (Teknologi Rekayasa) Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Komposit, Kramik, Refraktori, dan Pelumas*, PPPP TK VEDC, Malang.
- Gu, F., Peng, Z., Zhang, Y., Tang, H., Ye, L., Tian, W., Liang, G., Rao, M., Li, G., & Jiang, T. (2018), Facile Route for Preparing Refractory Materials From Ferronickel Slag With Addition of Magnesia, *Acs Sustainable Chemistry & Engineering*, 6(4), 4880–4889.
- Ismail, M. A., Eltayeb, M. A., And Abdel, Mage M. A. (2013), Elimination Of heavy metals from Aqueous solution using zeolite LTA synthesis from suandese clay, *Journal of chemical sciences. International sciences congress association*. Vol. 5. Pp 93-98.
- Lagorio, Y. S., Gass, S. E., Benavidez, E. R., & Tomba Martínez, A. G. (2022). Thermomechanical evaluation of MgO–C commercial bricks. *Ceramics International*, 48(7), Hal. 10105–10112.
- Siagian, H., & Hutabalian, M. (2012), Studi Pembuatan Keramik Berpori Berbasis Clay Dan Kaolin Alam Dengan Aditif Abu Sekam Padi. *Jurnal SAINTIKA (Sains, Tek Ologi Dan Rekayasa)*, 12, 14–23.
- Utomo, A. M. (2010), *Pengetahuan Teknologi Bahan Keramik*, Denpasar, Udayana University Press, Bali.