

**ANALISIS PENGARUH PERBANDINGAN SUHU PEMBAKARAN
TERHADAP STRUKTUR, KUAT TEKAN DAN DAYA SERAP GENTENG
BERGLASIR KAOLIN, SERBUK SILIKA DAN ASAM BORAT**

(Skripsi)

Oleh

**NICO SAVERO SIRINGORINGO
NPM 1717041033**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

ANALISIS PENGARUH PERBANDINGAN SUHU PEMBAKARAN TERHADAP STRUKTUR, KUAT TEKAN DAN DAYA SERAP GENTENG BERGLASIR KAOLIN, SERBUK SILIKA DAN ASAM BORAT

Oleh

NICO SAVERO SIRINGORINGO

Atap merupakan pelindung rangka atas suatu bangunan. Bahan penutup atap harus memenuhi persyaratan yaitu kuat, ringan, dan kedap air. Genteng merupakan salah satu penutup atap yang baik digunakan sebagai pelindung rumah tetapi masih memiliki sifat hidrofilik yang besar. Untuk mengurangi sifat hidrofilik pada genteng, saat ini telah dilakukan upaya pengembangan bahan glasir untuk melapisi genteng sehingga mengurangi sifat hidrofiliknya. Pada penelitian ini genteng dibuat dengan bahan baku lempung, tanah, dan air sedangkan bahan glasir terbuat dari campuran komposisi kaolin, serbuk silika, asam borat, dan air. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh variasi suhu pembakaran terhadap struktur kristal, kuat tekan, dan daya serap air genteng berglasir. Pembuatan genteng dilakukan dengan mencampurkan lempung, tanah, dan air yang kemudian dicetak dan dibakar pada suhu 900 °C. Pembuatan bahan glasir ini dilakukan dengan mencampurkan bahan baku glasir kaolin, serbuk silika, asam borat, dan air hingga menjadi suspensi dan diaplikasikan pada sampel genteng dengan metode celup yang kemudian dibakar pada variasi suhu 1050 °C, 1100 °C, dan 1200 °C. Hasil analisis struktur kristal diketahui terdapat fasa quartz, nacrite, halloysite, tridymite, cristobalite high, dickite, sassolite, quartz, pyrophyllite, clinometaborite, cristobalite, dan dickite pada sampel. Nilai kuat tekan terbesar adalah sampel genteng sebelum dilakukan pengglasiran dan nilai daya serap air terbaik adalah sampel genteng glasir dengan pembakaran suhu 1200 °C. Dalam konteks penelitian ini, variasi suhu pembakaran genteng berglasir memiliki pengaruh terhadap fasa genteng, yang pada gilirannya mempengaruhi sifat-sifat mekanik seperti kuat tekan dan daya serap air.

Kata kunci: atap, daya serap, glasir, kuat tekan, suhu pembakaran.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF FIRING TEMPERATURE VARIATION ON THE STRUCTURE, COMPRESSIVE STRENGTH, AND WATER ABSORPTION OF GLAZED ROOF TILES MADE OF KAOLIN, SILICA POWDER, AND BORIC ACID

By

NICO SAVERO SIRINGORINGO

Roof serves as the protective framework of a building. Roofing materials must meet specific requirements, such as strength, lightweight, and waterproofness. Tile is one of the preferred roofing materials due to its effectiveness in shielding houses, despite having high hydrophilic properties. To mitigate the hydrophilic nature of tiles, efforts have been made to develop glazing materials for tile coating, aiming to reduce its hydrophilicity. In this research, tiles were manufactured using clay, soil, and water as raw materials, while the glazing material consisted of a mixture of kaolin, silica powder, boric acid, and water. The study aimed to investigate the influence of varying firing temperatures on the crystal structure, compressive strength, and water absorption of glazed tiles. The tile production process involved mixing clay, soil, and water, followed by molding and firing at 900°C. The glazing material was prepared by combining kaolin, silica powder, boric acid, and water to form a suspension, which was then applied to the tile samples using a dipping method and fired at different temperatures of 1050°C, 1100°C, and 1200°C. Crystal structure analysis revealed the presence of various phases, including quartz, nacrite, halloysite, tridymite, cristobalite high, dickite, sassolite, pyrophyllite, clinometaborite, cristobalite, and dickite in the tile samples. The highest compressive strength was observed in unglazed tile samples, while the best water absorption performance was exhibited by the glazed tile samples fired at 1200°C. In the context of this research, the variation in firing temperatures for glazed tiles had an impact on the tile phases, subsequently influencing mechanical properties such as compressive strength and water absorption.

Keywords: roof, water absorption, glaze, compressive strength, firing temperature.

**ANALISIS PENGARUH PERBANDINGAN SUHU PEMBAKARAN
TERHADAP STRUKTUR, KUAT TEKAN DAN DAYA SERAP GENTENG
BERGLASIR KAOLIN, SERBUK SILIKA DAN ASAM BORAT**

Oleh

NICO SAVERO SIRINGORINGO

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **ANALISIS PENGARUH PERBANDINGAN SUHU
PEMBAKARAN TERHADAP STRUKTUR, KUAT
TEKAN DAN DAYA SERAP GENTENG BERGLASIR
KAOLIN, SERBUK SILIKA DAN ASAM BORAT**

Nama Mahasiswa : **Nico Savero Siringoringo**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1717041033**

Jurusan : **Fisika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**




Drs. Pulung Karo Karo, M.Si.
NIP 19610723 198603 1 003


Agus Riyanto, S.Si., M.Sc.
NIP 19860822 201504 1 002

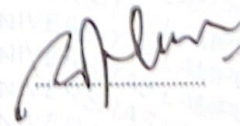
2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA


Gurum Ahmad Fauzi, S.Si., M.T.
NIP 198010102005011002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

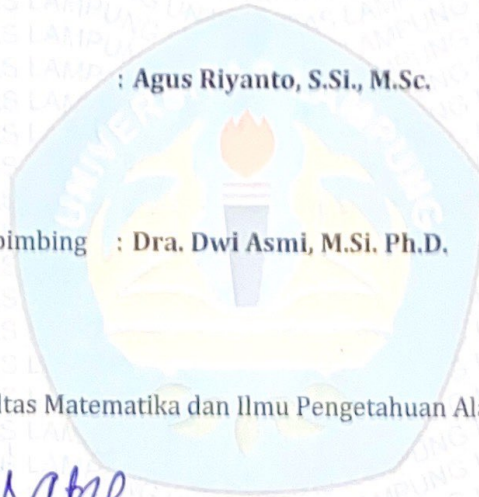
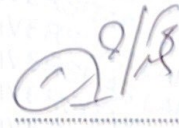
Ketua : Drs. Pulung Karo Karo, M.Si.



Sekretaris : Agus Riyanto, S.Si., M.Sc.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dra. Dwi Asmi, M.Si. Ph.D.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP 19711001 200501 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 06 Juni 2023

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam skripsi ini tidak terdapat karya orang lain dan tidak terdapat pendapat atau karya yang ditulis oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan ini tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 6 Juni 2023
Penulis,



Nico Savero Siringoringo
NPM. 1717041033

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Nico Savero Siringoringo, dilahirkan di Kota Bekasi Provinsi Jawa Barat pada 4 Oktober 1999. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Atramli Siringoringo dan Ibu Dares Sarli Lumbansiantar. Penulis menyelesaikan pendidikan di TK Zaitun Berita Hidup pada tahun 2005, SD Santa Maria Monica pada tahun 2011, SMPN 18 Kota Bekasi pada tahun 2014 dan SMAN 1 Tambun Utara pada tahun 2017. Penulis diterima di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung tahun 2017 melalui jalur penerimaan Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri. Selama menempuh jenjang pendidikan Sarjana, penulis mengambil konsentrasi keilmuan bidang Fisika Material. Pada Oktober 2022 penulis melakukan penelitian terkait skripsi yang berjudul “**Analisis Pengaruh Perbandingan Suhu Pembakaran Terhadap Struktur, Kuat Tekan dan Daya Serap Genteng Berglasir Kaolin, Serbuk Silika dan Asam Borat**”. Penulis juga aktif dalam kegiatan keorganisasian sebagai anggota Bidang Kaderisasi pengurus Himpunan Mahasiswa Fisika Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung tahun 2018-2019. Dan di dalam bidang organisasi penulis juga pernah menjabat sebagai Sekretaris Cabang Gerakan Mahasiswa Kristen Indonesia Cabang Bandarlampung Masa Bakti 2022-2024.

PERSEMBAHAN

Terpujilah Nama Tuhan, dengan penuh rasa syukur kepada Tuhan Yesus Kristus untuk berkat dan penyertaanNya, kupersembahkan karya ini untuk:

Kedua Orang Tua Tercinta

Bapak Atramli Siringoringo & Ibu Dares Sarli Lumbansiantar.

Terima kasih untuk segala doa dan usaha yang selalu diberikan demi kesuksesan putranya hingga mampu menyelesaikan pendidikan di tingkat Perguruan Tinggi sebagai Sarjana

Adik-adik Tercinta

Bob Gundred, Veda Kalyca dan Leroy Noble

Terima kasih telah senantiasa mendoakan dan juga memberikan semangat, adiklah yang menjadi alasan saya untuk menjadi lebih baik lagi

Keluarga Besar & Teman-teman Seperjuangan

Terima kasih atas segala dukungan yang telah diberikan sehingga dapat tetap bertahan dalam keadaan suka maupun duka

Almamater Tercinta

UNIVERSITAS LAMPUNG

MOTTO

Science cannot solve the ultimate mystery of nature. And that is because, in the last analysis, we ourselves are part of the mystery that we are trying to solve

(Max Planck)

Tema GMKI 2022-2024: Bangkitlah, Baharui Hidupmu dan Beritakanlah Injil

Sub Tema GMKI 2022-2024: “Menjadi Gerakan yang Berjumpa dengan Allah dan Memberikan Kabar Keselamatan Melalui Pembaharuan Hidup”

(Markus 2:1-12)

Three sentence for getting success:

- 1. Know more than others**
- 2. Work more than other**
- 3. Expect less than other**

(William Shakespeare)

Sebab bagi Allah tidak ada yang mustahil

(Lukas 1:37)

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “Analisis Pengaruh Perbandingan Suhu Pembakaran Terhadap Struktur, Kuat Tekan dan Daya Serap Genteng Berglasir Kaolin, Serbuk Silika dan Asam Borat” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Sains di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku dekan Fmipa Unila;
2. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T., selaku Ketua Jurusan Fisika;
3. Bapak Drs. Pulung Karo Karo, M.Si., selaku pembimbing utama atas kesediaan untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;
4. Bapak Agus Riyanto, S.Si., M.Sc., selaku pembimbing kedua atas kesediaan memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;
5. Ibu Dra. Dwi Asmi, M.Si. Ph.D., selaku penguji utama pada ujian skripsi. Terima kasih untuk masukan dan saran-saran pada seminar proposal terdahulu;
6. Bapak Prof. Drs. Simon Sembiring, Ph.D. dan Bapak Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D., selaku pembimbing akademik;
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Fisika atas ilmu yang telah diberikan selama penulis menempuh perkuliahan;
8. Para pegawai di Jurusan Fisika Fmipa Unila;
9. Kedua Orang Tua saya, Bapak Atramli Siringoringo, S.E., dan Ibu Dra. Dares Sarli Lumbansiantar. Serta adik-adik saya: Bob Gundred, Veda

Kalyca dan Leroy Noble yang telah mendoakan serta memberikan semangat dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini;

10. Sahabat-sahabat: Irsaldo Warwey, BOS, HIMAPANK, M. Gilang Defriza, S.Si., & Grace Pricilya Michiko, S.Si., yang telah mendoakan dan mendukung penulis selama perkuliahan;
11. Seluruh pihak yang telah ikut serta membantu yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis haturkan doa, semoga Tuhan Yesus Kristus memberikan imbalan yang berlipat atas bantuan semua pihak dan semoga Tuhan Yesus Kristus selalu memudahkan langkah kita yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Bandar Lampung, 6 Juni 2023
Penulis,

Nico Savero Siringoringo

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas segala rahmat dan karunia yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Pengaruh Perbandingan Suhu Pembakaran Terhadap Struktur, Kuat Tekan dan Daya Serap Genteng Berglasir Kaolin, Serbuk Silika dan Asam Borat**”. Adapun tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains dan melatih mahasiswa untuk berpikir cerdas dan kreatif dalam menulis karya ilmiah.

Pada penulisan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan baik dalam isi maupun cara penyajian. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran guna perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca umumnya. Amin.

Bandar Lampung, 6 Juni 2023
Penulis,

Nico Savero Siringoringo

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|----------------|
| DAFTAR GAMBAR | xiv |
| DAFTAR TABEL | xv |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Batasan Masalah | 4 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 4 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Perbedaan Dengan Penelitian Sebelumnya..... | 5 |
| 2.2 Genteng | 6 |
| 2.3 Kaolin..... | 7 |
| 2.4 Serbuk Silika..... | 9 |
| 2.5 Asam Borat | 10 |
| 2.6 Glasir..... | 11 |
| 2.7 X-Ray Diffraction (XRD)..... | 13 |
| 2.8 Analisis Rietveld menggunakan Aplikasi Rietica | 14 |
| 2.9 Uji Kuat Tekan..... | 15 |
| 2.10 Uji Daya Serap Air | 16 |
| III. METODE PENELITIAN | 17 |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian..... | 17 |
| 3.2 Alat dan Bahan..... | 17 |
| 3.3 Prosedur Penelitian | 19 |
| 3.4 Karakterisasi | 20 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | 24 |
| 4.1 Hasil Analisis Fasa Sampel Genteng | 25 |
| 4.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Genteng Glasir | 33 |
| 4.3 Hasil Pengujian Daya Serap Air Genteng Glasir | 35 |
| V. KESIMPULAN DAN SARAN | 38 |
| 5.1 Kesimpulan | 38 |
| 5.2 Saran | 39 |
| DAFTAR PUSTAKA | 40 |
| LAMPIRAN | 45 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|----------------|
| Gambar 2. 1 Difraksi sinar-x pada kristal (Cullity, 1978)..... | 14 |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir Pembuatan Sampel Genteng..... | 22 |
| Gambar 3. 2 Diagram Alir Pengglasiran Genteng..... | 23 |
| Gambar 4. 1 (a) Sampel genteng tanpa glasir, (b) Sampel genteng glasir | 24 |
| Gambar 4. 2 Hasil difraktogram sampel genteng non glasir | 26 |
| Gambar 4. 3 Hasil difraktogram sampel genteng glasir dengan variasi suhu | 26 |
| Gambar 4. 4 Hasil difraktogram sampel genteng glasir dengan variasi suhu | 27 |
| Gambar 4. 5 Hasil difraktogram sampel genteng glasir dengan variasi suhu | 27 |
| Gambar 4. 6 Hasil penghalusan data sampel genteng non glasir. | 29 |
| Gambar 4. 7 Hasil penghalusan data sampel genteng glasir suhu..... | 30 |
| Gambar 4. 8 Hasil penghalusan data sampel genteng glasir suhu..... | 30 |
| Gambar 4. 9 Hasil penghalusan data sampel genteng glasir suhu..... | 31 |
| Gambar 4. 10 Grafik hubungan variasi suhu dengan nilai daya serap air pada .. | 33 |
| Gambar 4. 11 Grafik hubungan variasi suhu pembakaran dengan nilai daya | 36 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|----------------|
| Tabel 2. 1 Komposisi kimia basa kaolin (Ababneh dkk., 2020) | 8 |
| Tabel 3. 1 Alat-alat penelitian | 18 |
| Tabel 3. 2 Alat-alat uji karakterisasi..... | 18 |
| Tabel 3. 3 Bahan-bahan penelitian | 18 |
| Tabel 4. 1 Persentase parameter kesesuaian penghalusan sampel genteng..... | 31 |
| Tabel 4. 2 Persentase fasa dalam persen berat (% w)..... | 32 |
| Tabel 4. 3 Parameter kisi dari setiap fasa sampel genteng non glasir. | 32 |
| Tabel 4. 4 Parameter kisi dari setiap fasa sampel genteng glasir. | 33 |
| Tabel 4. 5 Hasil uji kuat tekan genteng glasir. | 34 |
| Tabel 4. 6 Hasil uji daya serap air genteng glasir..... | 36 |

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pelindung rangka atas suatu bangunan secara keseluruhan terhadap pengaruh cuaca seperti musim panas, hujan, dan angin disebut atap. Persyaratan penutup atap yang baik yaitu kuat, tidak mudah bocor, dan tahan lama. Dengan banyaknya gedung-gedung yang dibangun maka sangat dibutuhkan juga bahan untuk penutup atap yang baik. Bahan penutup atap yang memenuhi persyaratan harus kuat, ringan dan kedap air. Salah satu penutup atap yang baik adalah genteng, digunakan sebagai pelindung rumah yang terbuat dari lempung dengan atau tanpa campuran bahan lain dan dibakar pada suhu tinggi sehingga tidak hancur apabila direndam dalam air (Torres, 2009). Genteng yang baik harus memiliki bobot ringan dan daya serap air yang rendah (Febrianto dan Lestariningsih, 2003). Peningkatan kualitas genteng salah satunya dapat dilakukan dengan penambahan lapisan (glasir) pada permukaan genteng yang akan mengurangi kadar serap air pada genteng.

Menurut Arifin dan Primadona (2014), faktor-faktor yang mempengaruhi baik buruknya suatu lapisan glasir yaitu (a) komposisi glasir, (b) cara pengglasiran, (c) lama pembakaran, (d) suhu pembakaran dan (e) garam-garam yang terlarut di dalam lempung. Glasir pada genteng umumnya dibuat dari kombinasi satu atau lebih oksida basa (*flux*), oksida asam (silika) dan oksida netral (alumina) yang dapat disusun dengan berbagai komposisi sesuai suhu kematangan glasir yang dikehendaki (Arici dkk, 2010). Bahan penyusun glasir secara garis besar terdiri dari bahan pembentuk fasa gelas (*glass former*) sebagai pembentuk struktur kerangka dari fasa gelas, bahan pelebur (*flux*) sebagai bahan pembentuk leburan

glasir selama proses pembakaran, dan bahan penstabil fasa gelas (*stabilizer*) sebagai bahan pengikat atau perekat terhadap semua bahan yang ada.

Glasir sendiri merupakan cairan yang mempunyai butiran mineral sangat kecil yang dapat diaplikasikan dengan cara penuangan, pengkuasan, pencelupan atau penyemprotan dalam proses pengaplikasiannya pada permukaan genteng dan dibakar pada temperatur dimana kandungan yang terdapat di dalam glasir meleleh bersama-sama membentuk lapisan kaca pada permukaan yang dilapisi (Boch dan Niepce, 2001). Bahan utama untuk campuran pembuatan glasir biasanya yaitu lempung atau kaolin, feldspar, pasir kuarsa, dan batu kapur (Norsker, 1993). Kaolin digunakan sebagai bahan baku glasir karena memiliki sifat kaku setelah dikeringkan dan *vitreous* (bersifat kaca) setelah dipanaskan pada temperatur yang sesuai. Selain kaolin, silika juga digunakan sebagai bahan baku glasir karena memiliki daya adhesi yang baik dan dapat menahan difusi uap air, ion-ion, maupun oksigen (Mahendrata, 2019).

Pada Penelitian yang dilakukan Selvianingrum dkk (2013) pengglasiran genteng menggunakan material serbuk kaca/ TiO_2 sebagai bahan baku campuran glasir. Hasil penelitian menunjukkan pembakaran ganda menggunakan suhu $900\text{ }^\circ\text{C}$ nilai uji perembesan air terkecil terjadi pada penambahan TiO_2 sebanyak 0,12 % dan meningkat pada penambahan 0,16 % dan kemudian menurun pada penambahan $\text{TiO}_2 > 16\%$ (Selvianingrum *et al*, 2013).

Penelitian Yustana (2010) mencoba untuk memecahkan masalah umum yang dihadapi dalam *finishing* keramik, *finishing* benda keramik berbeda dengan menyelesaikan masalah lainnya. Pada penelitian yang dilakukan Yustana (2010), pembuatan suspensi glasir dengan bahan baku feldspar 47,5 g, kaolin sebanyak 14,6 g, *whiting* sebanyak 18,6 g, *zinc oxide* sebanyak 5,9 g, dan Fe sebanyak 15 g. Pembakaran dengan suhu $1200\text{ }^\circ\text{C}$ dan variasi ukuran 100 mesh, diperoleh hasil glasir berwarna coklat, karakter glasir ini memiliki warna yang tidak jauh berbeda antara warna basah dengan warna setelah dilakukannya pembakaran (Yustana, 2010).

Penelitian yang dilakukan oleh Mahendrata (2019), dengan menggunakan bahan baku serbuk silika, timbal oksida, boraks dan kaolin sebagai bahan glasir. Pembakaran dilakukan dengan menggunakan *furnace* pada suhu $800\text{ }^\circ\text{C}$ dan 1000

°C serta waktu tahan pada masing - masing suhu selama 30 menit dan 45 menit. Dihasilkan spesimen dengan suhu 1000 °C mempunyai hasil glasir yang lebih baik dari pada suhu 800 °C. Semakin tinggi komposisi kaolin maka akan semakin sulit proses peleburan dan semakin tinggi suhu pembakaran dan semakin lama waktu pembakaran maka meningkatkan peleburan spesimen secara sempurna (Mahendrata, 2019).

Berdasarkan pemaparan dari beberapa penelitian yang telah dilakukan di atas, maka pada penelitian ini akan dilakukannya pembuatan spesimen genteng dengan menggunakan bahan baku lempung dan tanah yang selanjutnya dilakukan pengglasiran pada spesimen genteng tersebut dengan menggunakan bahan baku kaolin, serbuk silika dan asam borat sebagai bahan utama pembuatan glasir. Pengglasiran dilakukan karena ingin meminimalisir sifat hidrofilik yang terdapat pada spesimen genteng. Pembakaran spesimen glasir akan dilakukan menggunakan suhu 1050 °C, 1100 °C dan 1200 °C. Dilakukan pengujian kuat tekan dan uji daya serap air dengan waktu perendaman 24 jam. Kemudian karakterisasi yang dilakukan adalah XRD. Dilakukan untuk mengetahui fasa atau struktur kristal dan morfologi permukaannya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi suhu pembakaran terhadap struktur kristal genteng berglasir?
2. Bagaimana pengaruh variasi suhu pembakaran terhadap kuat tekan genteng berglasir?
3. Bagaimana pengaruh variasi suhu pembakaran terhadap daya serap air genteng berglasir?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi suhu pembakaran terhadap struktur kristal genteng berglasir;
2. Mengetahui pengaruh variasi suhu pembakaran terhadap kuat tekan genteng berglasir; dan
3. Mengetahui pengaruh variasi suhu pembakaran terhadap daya serap air genteng berglasir.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bahan baku genteng yang digunakan yaitu lempung dan tanah;
2. Suhu pembakaran genteng 900 °C;
3. Bahan baku glasir yang digunakan yaitu kaolin, serbuk silika dan asam borat;
4. Bahan baku kaolin, serbuk silika dan asam borat yang digunakan ukuran partikel lolos 100 mesh;
5. Pengglasiran dilakukan dengan teknik celup;
6. Variasi suhu pembakaran yang digunakan sebesar 1050 °C, 1100 °C dan 1200 °C; dan
7. Pengujian daya serap air dilakukan dengan mengacu pada SNI 03-6433-2000, kuat tekan dan karakterisasi yang meliputi XRD.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

1. Mencari alternatif bahan baku yang terbaik dalam pembuatan glasir agar lebih ekonomis;
2. Untuk mendapatkan informasi mengenai proses pengglasiran dengan menggunakan teknik celup;
3. Dapat digunakan sebagai referensi bagi penelitian selanjutnya; dan
4. Mencari pembaruan dalam pembuatan glasir.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perbedaan Dengan Penelitian Sebelumnya

Mahendrata (2019) mengetahui hasil dari pengujian foto mikro dan nilai kekerasan dari lapisan glasir dengan bahan dasar serbuk silika, timbal oksida, dan boraks, dengan tambahan variasi kaolin sebesar 13 %, 16 %, dan 20 % yang kemudian dilakukan pembakaran dengan suhu 800 °C dan 1000 °C dengan waktu tahan selama 30 menit dan 45 menit. Metode penelitian yang digunakan dalam pembuatan spesimen adalah dengan pembakaran menggunakan mesin *furnace*. Hasil dari uji foto mikro pada suhu 800 °C pada spesimen dengan komposisi kaolin 20 % belum dapat melebur secara sempurna. Kemudian pada seluruh spesimen yang dapat melebur secara sempurna masih terdapat cacat berupa *cracking*. Sedangkan cacat pinhole berkurang dengan semakin meningkatnya suhu pembakaran dan waktu tahan. Pada hasil uji kekerasan (*vickers*) didapatkan nilai kekerasan paling optimum terdapat pada suhu pembakaran 1000 °C dengan waktu tahan 45 menit dengan komposisi kaolin sebesar 20 %.

Pada penelitian ini akan dilakukannya pembuatan spesimen genteng dengan menggunakan bahan baku lempung dan tanah yang selanjutnya dilakukan pengglasiran pada spesimen genteng tersebut dengan menggunakan bahan baku kaolin 40 gram, serbuk silika 40 gram dan boraks 20 gram sebagai bahan utama pembuatan glasir. Pengglasiran dilakukan karena ingin meminimalisir sifat hidrofilik yang terdapat pada spesimen genteng. Pembakaran spesimen glasir akan dilakukan menggunakan suhu 1050 °C, 1100 °C dan 1200 °C dengan waktu 60 menit. Lalu akan dilakukannya pengujian kuat tekan dan uji daya serap air dengan waktu perendaman 24 jam. Kemudian karakterisasi yang dilakukan adalah XRD.

Dilakukan untuk mengetahui fasa atau struktur kristal dan morfologi permukaannya.

2.2 Genteng

Salah satu bagian rumah yang paling terlihat dari luar dan sangat menentukan penampilan suatu rumah ialah genteng. Genteng merupakan atap bangunan yang memiliki peran yang sangat penting baik secara fungsional maupun secara estetis. Secara fungsional atap merupakan bagian paling besar perannya dalam memberikan perlindungan terhadap cuaca dan iklim karena merupakan bagian bangunan yang paling banyak terpapar oleh panas dan hujan. Sedangkan secara estetis, atap adalah elemen yang sangat menentukan ciri atau karakter suatu bangunan misalnya bentuk rumah gadang dan joglo paling mudah dikenali dari bentuk atapnya (Prianto, 2013).

Ada banyak bahan baku yang dapat dipilih sebagai pembuatan atap bangunan sebuah rumah. Produk baru selalu berfungsi untuk menggantikan bahan lama dengan bahan baru agar bisa memenuhi kriteria bangunan yang lebih unggul. Jenis bahan atap yang sering digunakan yaitu genteng tanah liat, genteng keramik, genteng beton, genteng sirap, asbes, seng, genteng metal, atap ijuk dan lain sebagainya. Namun material atap yang sering digunakan pada rumah di Indonesia yaitu genteng tanah liat. Bahan tanah liat sudah dikenal jauh sebelum abad ke-19. Namun awal mula perkembangan genteng baru pesat di Indonesia pada tahun 1920-an. Genteng tanah liat termasuk salah satu bahan dalam membangun rumah. Genteng tanah liat merupakan salah satu dari jenis genteng rumah yang paling banyak digunakan oleh masyarakat di Indonesia karena memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan jenis genteng lainnya. Genteng merupakan salah satu properti rumah yang dibuat dengan bahan dasar lempung. Genteng bermutu baik apabila memenuhi sejumlah persyaratan, diantaranya adalah memiliki kuat tekan yang tinggi dan daya serap air yang rendah. Sejauh ini pembuatan genteng umumnya hanya meliputi pencetakan dan pembakaran genteng serta pengglasiran genteng. Pengglasiran dilakukan untuk melapisi permukaan genteng agar genteng

tampak mengkilap dan memiliki warna yang bagus, selain itu juga untuk mengurangi daya serap genteng terhadap air (Sianita, 2017).

Genteng merupakan bagian penutup suatu bangunan yang melingkupi permukaan bagian di bawahnya dengan susunan saling bertindih (*overlapping*) yang ditopang kayu ataupun baja ringan. Atap dapat dibuat dari berbagai jenis bahan seperti kayu, tanah liat, kaca, plastik, asbes, dan seng tergantung kebutuhan dan biaya pembangunan. Genteng merupakan salah satu komponen penting suatu bangunan untuk melindungi bangunan dari suhu, hujan dan fungsi lainnya. kualitas genteng yang optimal berarti memiliki daya serap air seminimal mungkin. Kolawole menyatakan untuk mendapat genteng dengan daya serap tinggi dapat dilakukan memvariasi bentuk genteng yang bergelombang (Kolawole, 2014).

Perkembangan produksi genteng menghasilkan produk yang bervariasi. Corak dan warna, bentuk, hingga kuat daya tekan menjadi inovasi dari para produsen. Berbagai upaya untuk mencetak genteng dengan kualitas terbaik selalu dilakukan. Salah satu dari bentuk upaya menghasilkan genteng adalah dengan memberi komposisi campuran dalam pembuatannya. Pemanfaatan kaca, sampah organik, semen, maupun pasir memungkinkan untuk menjadi campuran komposisi genteng. Syarat Mutu Genteng Menurut Standar Nasional Indonesia menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2095-1998, meliputi :

1. Sifat Tampak

Genteng harus memiliki permukaan atas yang mulus, tidak terdapat retak, atau cacat lain yang mempengaruhi sifat pemakaiannya;

2. Penyerapan Air

Penyerapan air maksimal 20 %;

3. Kuat Daya Tekan

Genteng keramik harus mampu menahan beban minimum 65-140 kgf.

2.3 Kaolin

Kaolin digunakan sebagai bahan keramik maupun bahan glasir untuk meningkatkan kualitas warna produk menjadi lebih cerah. Kaolin merupakan

suatu mineral lempeng berwarna putih yang memiliki komposisi terbesar meliputi kaolinit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Komposisi kaolin meliputi 46,54 % SiO_2 , 39,50 % Al_2O_3 dan 13,96 % H_2O . Partikel kaolin biasanya berupa lembaran heksagonal dengan diameter sekitar 0,05 - 10 nm (rata-rata 0,5 nm). Mineral kaolin dapat terjadi melalui proses pelapukan dan proses hidrotermal perubahan pada batuan beku felspartik dan mika. Struktur kristal kaolin terdiri dari pasangan lapis lembaran silika tetrahedral dan lembaran alumina oktahedral. Masing-masing pasar dari lembaran tersebut bergabung melalui atom oksigen secara selang-selang menjadi satu kesatuan melalui ikatan hidrogen antara oksigen dari silika dan oksigen hidrolik dari aluminium dengan ketebalan setiap lapisan sekitar 0,72 nm (Jamo, 2014).

Tabel 2. 1 Komposisi kimia basa kaolin (Ababneh dkk., 2020)

| Komponen | % Berat |
|-------------------------|---------|
| SiO_2 | 52,1 |
| Al_2O_3 | 26,2 |
| Fe_2O_3 | 7,9 |
| SO_3 | 0,4 |
| CaO | 2,01 |
| MgO | 1,29 |
| K_2O | 1,5 |
| Na_2O | 0,2 |

Kaolin, sering disebut tanah liat Cina, adalah sejenis tanah liat berkualitas tinggi yang merupakan bahan galian industri yang berasal dari pelapukan mineral feldspar atau pelapukan batuan granit. Untuk pembentukan kaolin, maka proses pelapukan atau alterasi harus bersih dari ion-ion seperti ion Na, K, Ca, Mg dan Fe. Kaolin tidak menyerap air, sehingga tidak dapat mengembang ketika kontak dengan air. Kaolin adalah aluminium silikat hidrat alam yang telah dimurnikan dengan pencucian dan telah dikeringkan, mengandung bahan pendispersi. Kaolin berupa serbuk ringan, putih, bebas dari butiran kasar, tidak berbau, tidak mempunyai rasa dan licin. Kaolin secara alami mengandung mineral yang digunakan dalam formulasi oral dan topikal dibidang farmasi. Kaolin praktis tidak

larut dalam dietil eter, etanol 95 %, air, pelarut organik lainnya, asam encer dingin, dan larutan alkali hidroksida. Kaolin merupakan bahan atau material yang stabil dan tidak beracun (Rowe *et al*, 2009).

2.4 Serbuk Silika

Batuan silika bersifat batuan keras, mempunyai warna putih kecoklatan. Mempunyai tekstur agak kasar dan sedikit tajam karena berbahan dasar berupa kristal. Batuan silika ditinjau dari kandungan kimia yang ada maka terdapat suatu kandungan yang dinamakan silika yang merupakan suatu kata yang diambil dari nama senyawa kimia silika dioksida (SiO_2). Butiran berukuran antara 0,06 mm sampai 2 mm.

Kandungan serbuk tersebut berbeda-beda sesuai dengan tempatnya dan memiliki warna sesuai dengan asal pembentuknya. Serbuk yang banyak mengandung silika disebut serbuk silika atau pasir kuarsa. Pada umumnya, silika digunakan untuk manufaktur gelas, keramik dan penggunaan tradisional lainnya (Haus *et al.*, 2012). Untuk memproduksi produk silika untuk industri, seperti silika gel, presipitat silika, silika sol (koloid silika), bahan-bahan baku silika perlu diberi perlakuan secara kimia. Serbuk silika sering juga dikenal dengan nama pasir putih merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama, seperti silikon dioksida.

Pasir kuarsa mempunyai komposisi gabungan dari SiO_2 dan pengotornya yang memiliki kecenderungan berwarna putih bening atau warna lain bergantung pada senyawa pengotornya (Fahad, 2014). Serbuk silika pada umumnya mengandung senyawa pengotor (*impurities*) seperti CaO , Fe_2O_3 , TiO_2 , Al_2O_3 , MgO , dan K_2O . Endapan serbuk silika banyak tersebar di beberapa tempat di Indonesia dengan kadar silikon dioksida antara 55,30- 99,87 %. Silika pada senyawa kimia disebut silikon dioksida (SiO_2), memiliki sifat menarik pada ukuran dan keadaan yang berbeda (Vassilev *et al.*, 2012).

Oleh karena itu perlu adanya analisis komposisi fasa silika untuk mengetahui sifat-sifatnya. Fasa-fasa yang dapat terbentuk dari silika dengan senyawa SiO_2

adalah kuarsa, kristobalit, dan tridimit. Kuarsa adalah mineral utama dari silika, dengan struktur atom tetrahedral, dimana satu atom silika dikelilingi empat atom oksigen. SiO_2 dengan fasa kuarsa memiliki nilai koefisien ekspansi termal $\frac{11 \times 10^{-6}}{^\circ\text{C}}$ (Mahapatra, 2010). Pada temperatur kamar, satuan tetrahedral dari silika tersusun dalam suatu susunan heksagonal, tetapi pada temperatur 875 °C kestabilan susunan tetrahedral silika berubah. Fasa temperatur rendah dari silika disebut kuarsa, sedangkan pada temperatur tinggi terbentuk fasa yang disebut kristobalit. Di sisi lain, perubahan dari fasa kuarsa ke fasa tridimit memerlukan perubahan besar dalam susunan kristalnya. Sedangkan kristobalit mengalami suatu perubahan struktur yang lebih baik tetapi bukan pematangan. Sedangkan tridimit mengalami dua perubahan pada jangkauan metastabilnya, yaitu yang pertama pada temperatur 117°C dan temperatur 163 °C (Roy, 1964).

2.5 Asam Borat

Unsur kelima dalam tabel periodik yang tidak muncul di alam dalam bentuk unsur ialah boron. Boron bergabung dengan oksigen sebagai garam atau ester asam borat. Tiga mineral mewakili 90 % borat yang digunakan oleh industri meliputi *borax* yang merupakan natrium borat; *ulexite* yaitu natrium-kalsium borat; dan *colemanite* yaitu kalsium borat (Akarslan, 2015).

Beberapa proses telah dikembangkan untuk produksi asam borat dari *colemanite* ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11.5}\text{H}_2\text{O}$). Pada umumnya, produksi asam borat yaitu menggunakan ekstraksi heterogen dari *colemanite* yang di campurkan dengan asam sulfat pada suhu 88-92 °C yang kemudian menghasilkan fase air dan selanjutnya mengalami pemisahan untuk mendapatkan asam borat, yang dicampur dengan garam yang tidak larut (Biçak *et al.*, 2001). Seluruh bentuk asam borat dapat dianggap sebagai hidrat dari borat oksida dan diformulasikan sebagai $\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ untuk asam ortobat dan $\text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ untuk asam metaborat.

Asam borat yang bersifat aditif umumnya digunakan sebagai fluks agen dalam pembakaran dalam produksi bahan tahan panas (seperti refraktor dan keramik), agen antiseptik dalam medis formulasi produk farmasi dan sebagai katalis untuk

oksidasi udara hidrokarbon. Asam borat juga digunakan dalam produksi baja, *glass and fiberglass*, deterjen serta sektor kimia lainnya (Ipeksever, 2020). Penggunaan asam borat dalam pembuatan glasir memiliki kompatibilitas terbesar keramik sehubungan dengan penurunan suhu pembakaran dan peleleh pada campuran glasir yang memiliki titik leleh paling rendah (Andric *et al.*, 2012).

2.6 Glasir

Keberhasilan aplikasi glasir pada keramik dipengaruhi oleh banyak faktor, aplikasi glasir pada benda keramik memiliki tingkat kesulitan yang sangat tinggi. Karena glasir adalah lapisan yang diberikan pada keramik sebelum dilakukannya proses pembakaran. Glasir merupakan cairan suspensi yang mempunyai butiran mineral sangat kecil yang diterapkan dengan teknik penuangan, teknik pengkuasan, teknik pencelupan atau juga dengan teknik penyemprotan pada permukaan keramik dan setelah kering dibakar kembali pada temperatur dimana kandungan didalamnya akan meleleh bersama-sama membentuk lapisan kaca pada permukaan yang dilapisi. Glasir juga merupakan material yang terdiri dari beberapa bahan tanah atau batuan silikat yang mana bahan-bahan tersebut selama proses pembakaran akan melebur dan membentuk lapisan tipis seperti gelas yang melekat menjadi satu pada permukaan badan keramik (Kavanová, 2017).

Glasir merupakan material yang terdiri dari beberapa bahan tanah atau batuan bahan-bahan tersebut selama proses pembakaran akan melebur dan membentuk lapisan tipis seperti gelas yang melekat menjadi satu pada permukaan badan keramik. Karakteristik penyebaran panjang gelombang oleh unsur-unsur dalam glasir yang ditambahkan dalam glasir akan menghasilkan warna. Beberapa oksida logam dalam glasir yang dapat menghasilkan warna antara lain CuO, C₂O, MnO₂, dan TiO₂. Penambahan oksigen logam tersebut kemudian disesuaikan dengan jumlah zat yang ditambahkan dan pemanasan yang dapat menghasilkan perbedaan warna dan struktur pada glasir (Yurdakul dkk., 2011).

Glasir merupakan jenis pelapis pada keramik yang berfungsi sebagai pelindung permukaan dan meningkatkan nilai estetika pada keramik. Glasir digunakan

sebagai teknik dekorasi memiliki beberapa keunggulan, seperti menambah nilai estetikanya, untuk menutupi cacat produk, membuat permukaan keramik lebih mudah dibersihkan, membuat badan keramik tidak mudah ditembus, melindungi dekorasi di bawah glasir, melindungi badan keramik dari kerusakan secara mekanis, meningkatkan kekuatan keramik, serta memperindah penampilan keramik. Dalam pembuatan bahan glasir terdapat tiga bahan utama yang digunakan, diantaranya yaitu:

1. Silika

Silika adalah salah satu bahan utama dalam pembuatan glasir karena silika berfungsi sebagai unsur pengglas yang akan membentuk lapisan gelas dalam keadaan cair dan dapat membeku. Silika murni memiliki bentuk yang menyerupai kristal, yang dapat menjadi faktor estetika dalam penggunaan glasir;

2. Alumina

Alumina (aluminium oksida) digunakan untuk membuat glasir tahan api dan menaikkan titik lebur glasir. Dan juga ialah salah satu bahan utama dalam pembuatan glasir yang berfungsi sebagai bahan pengeras dalam glasir. Alumina berfungsi sebagai pembentuk kerangka glasir. Selain menjadi bahan pengeras dalam keramik, alumina juga berfungsi membuat lapisan glasir menjadi kental, membuat glasir menjadi kuat dan keras, menambahkan kestabilan pada benda keramik, meningkatkan daya tahan, kekerasan, dan kilap serta mengurangi pemuaiian glasir;

3. Fluks

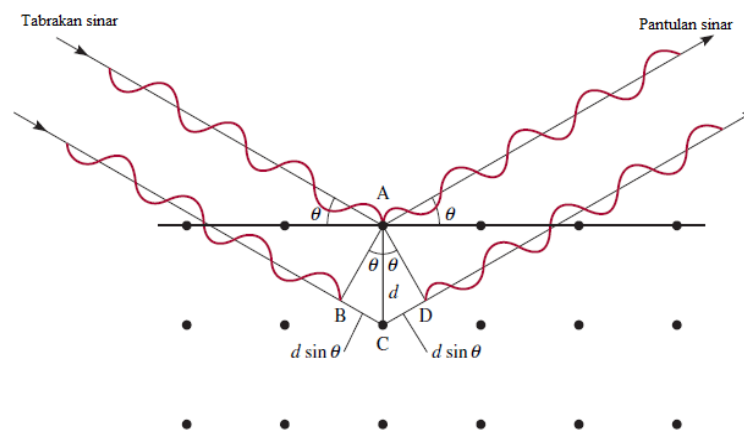
Fluks adalah bahan utama yang digunakan selain silika dan alumina. Fluks dalam lapisan glasir ini berfungsi sebagai bahan peleleh yang digunakan untuk menurunkan suhu lebur bahan glasir tersebut. Selain itu, fluks juga berfungsi untuk membantu melekatnya glasir pada badan keramik yang telah dibakar. Keuntungan menggunakan lapisan glasir pada keramik antara lain yaitu menambah nilai estetika dengan warna dan kehalusan permukaannya, menutup badan (pori-pori) keramik sehingga tidak tertembus oleh air, menambah dan meningkatkan kekuatan mekanis dari keramik. Melindungi badan keramik dari kerusakan secara mekanis seperti penggarukan oleh makanan dari asam cuka ataupun lingkungan, menambah ketahanan keramik dari bahan kimia yang bersifat

asam ataupun basa, menutupi cacat dari keramik, permukaan keramik mudah dibersihkan, membuat badan keramik tidak mudah ditembus dan melindungi keramik dari masuknya embun yang dapat merusak badan keramik (Pradell, 2020).

2.7 X-Ray Diffraction (XRD)

Suatu teknik analisis cepat non destruktif yang terutama digunakan untuk identifikasi fase bahan kristal dan dapat memberikan informasi tentang dimensi unit sel dinamakan *X-Ray Diffraction* (XRD). Difraksi sinar-x atau *X-ray diffraction* (XRD) merupakan pengujian non-destruktif (*Non-Destructive Testing/NDT*), dengan teknik mengenakan sinar-x jenis karakteristik ke suatu bahan utamanya berbahan kristal yang mendeteksi sudut 2θ menggunakan sinar-x pada berbagai sudut kemiringan, digunakan untuk mengidentifikasi adanya fasa kristalin di dalam material dan untuk menganalisis sifat-sifat struktur kristal (seperti stress, ukuran butir, fasa komposisi orientasi kristal, dan cacat kristal) dari tiap fasa. Karena pola difraksi untuk tiap unsur adalah spesifik, maka metode ini sangat akurat dalam menentukan komposisi unsur dan senyawa yang terkandung pada suatu sampel (Cullity, 1978).

XRD digunakan untuk mengkarakterisasi struktur kristal serta mengidentifikasi ukuran kristal dari suatu bahan padat menggunakan metode difraksi sinar-x. Apabila suatu bahan dikenai sinar-x maka tingkat intensitas sinar-x yang ditransmisikan akan lebih kecil dari sinar datang. Hal ini disebabkan karena adanya penyerapan oleh bahan dan penghamburan atom-atom bahan tersebut. Berkas sinar yang dihantarkan tersebut ada yang saling menghilang karena fasenya yang berbeda dan juga saling menguatkan ketika fasenya sama, berkas sinar-x yang saling menguatkan disebut dengan berkas difraksi. Berkas difraksi ini memenuhi Hukum Bragg, dimana detektor akan bergerak dengan kecepatan sudut yang konstan untuk mendeteksi berkas sinar-x yang didifraksikan oleh sampel. Skema difraksi sinar-x oleh bahan kristal dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2. 1 Difraksi sinar-x pada kristal (Cullity, 1978)

Bentuk keluaran dari difraktometer dapat berupa data analog atau digital. Untuk rekam data analog berupa grafik garis-garis yang akan direkam per menit dengan detektor dalam sudut 2θ per menit, sehingga sumbu-x setara dengan sudut 2θ . Sedangkan rekam digital akan menginformasikan nilai intensitas sinar-x terhadap jumlah intensitas cahaya per detik. Pola difraktometer yang dihasilkan berupa deretan puncak-puncak difraksi dengan intensitas yang bervariasi sepanjang nilai 2θ . Pola difraksi setiap padatan kristalin sangat khas, bergantung pada kisi kristalin, unit parameter dan panjang gelombang sinar-x yang digunakan (Cullity, 1978).

Prinsip kerja XRD berdasarkan sifat difraksi sinar-x terjadi jika suatu bahan elektroda logam ditembakkan dengan elektron-elektron kecepatan tinggi dalam suatu tabung vakum. Elektron-elektron kecepatan tinggi yang berasal dari *filament* (katoda) menumbuk target (anoda) yang berada dalam tabung sinar-x sehingga elektron-elektron tersebut mengalami perlambatan Sinar-X (Cullity, 1978).

2.8 Analisis Rietveld menggunakan Aplikasi Rietica

Hugo M Rietveld telah menemukan metode pemograman yang diberi nama Metode Rietveld pada tahun 1967 dengan basis data difraksi sinar-x (XRD) maupun difraksi neutron. Pada mulanya program Rietveld ini digunakan untuk data difraksi neutron, namun dalam Hill (1986) membuat modifikasi program Rietveld pada data difraksi sinar-x (XRD).

Metode Rietveld adalah metode penghalusan (refinement) struktur kristal yang memanfaatkan langsung pola intensitas yang diperoleh dari pengukuran difraksi bahan serbuk (Hill, 1986). Data dari pola difraksi ini dicatat dalam bentuk numerik intensitas y_i yang bergantung dari sudut difraksi (2θ) pada ribuan langkah secara simultan. Metode Rietveld mencocokkan (*fitting*) antara kurva difraksi teoritis dengan kurva difraksi eksperimen sampai terdapat kesesuaian antara kedua kurva secara keseluruhan dengan indikator tingkat keberhasilan menunjukkan bahwa nilai R_{Bragg} (R_B) lebih kecil dari 10 %. Metode ini didasarkan pada metode kuadrat terkecil (*least-squares method*) yang selanjutnya digunakan sebagai basis algoritma beberapa perangkat lunak analisis material seperti Rietica (Hunter, 1998). Berdasarkan analisis Rietveld menggunakan Rietica, parameter-parameter yang diperhalus meliputi (Pratapa, 2011) :

1. Parameter global (*sample displacement* dan koefisien fungsi polinomial latar (orde 4));
2. Parameter fase (parameter kisi, faktor skala, komponen pelebaran U dan HL (fungsi puncak Voigt), asimetri puncak, dan *preferred orientation*).

Untuk mendapatkan kecocokan kurva yang dapat diterima antara data terukur dan data model maka ada tiga karakter utama yang menjadi indikator dalam pencocokan, yaitu tinggi (intensitas), posisi serta lebar dan bentuk puncak (*peak shape*). Hubungan ketiga karakter tersebut dengan parameter-parameter yang dapat diubah atau diperhalus dalam perangkat lunak Rietica.

2.9 Uji Kuat Tekan

Kuat tekan merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui kekuatan atau kemampuan suatu material atau benda untuk menahan tekanan atau beban. Kemampuan tekan bahan didefinisikan sebagai kekuatan bahan menerima kekuatan maksimal sesaat sebelum patah. Kualitas genteng ditentukan oleh kemampuan tekannya. Daya tekan genteng dapat dihitung berdasarkan SNI 03-2095-1998 dengan rumus:

$$P = \frac{F_{maks}}{A} \quad (2.1)$$

Pada persamaan (2.1) yaitu P merupakan tekanan mesin uji (kgf/cm^2), F_{maks} merupakan gaya maksimum pada alat saat patah (kgf), dan A yaitu luas permukaan bidang normal yang menyentuh sampel genteng (cm^2).

2.10 Uji Daya Serap Air

Agar dihasilkan mutu genteng yang baik, maka perlu diperhatikan komposisi material dan homogenitas bahan yang digunakan. Hal tersebut akan menentukan kepadatan genteng. Kepadatan genteng yang tinggi akan menghasilkan kekuatan genteng dan daya serap air yang kecil, sehingga kualitas genteng semakin baik. Besarnya nilai daya serap air berdasarkan SNI 03-6433-2000, dirumuskan:

$$PA = \frac{w_2 - w_1}{w_1} \times 100 \% \quad (2.2)$$

Pada persamaan (2.2), PA merupakan penyerapan air pada sampel genteng (%), w_1 merupakan berat benda uji kering (g), dan w_2 merupakan berat benda uji setelah perendaman (g).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilakukan dari bulan Oktober 2022 sampai dengan April 2023 di Laboratorium Fisika Material Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung, pengujian Daya Serap Air sampel genteng berglasir dilakukan di Laboratorium Fisika Material Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung, pengujian kuat tekan dilakukan di Laboratorium Rekayasa dan Desain Bangunan Kayu Institut Pertanian Bogor dan karakterisasi XRD sampel genteng berglasir dilakukan di PT Inovasi Hijau Indonesia Bandung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dan alat-alat uji karakterisasi pada penelitian ini ditunjukkan pada **Tabel 3.1** dan **Tabel 3.2**, sedangkan bahan-bahan yang digunakan ditunjukkan pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3. 1 Alat-alat penelitian

| No | Nama Alat | Fungsi |
|-----|-------------------------------|---------------------------------------|
| 1. | Plastik zipper | Mencampurkan bahan-bahan serbuk |
| 2. | Timbangan digital | Menimbang massa bahan |
| 3. | Wadah | Menyimpan bahan baku |
| 4. | Plastik <i>Wrap</i> | Menutup sampel |
| 5. | Sendok Spatula | Pengaduk |
| 6. | Gelas Ukur | Mengukur volume larutan |
| 7. | Gelas <i>Beaker</i> | Mencampurkan bahan baku dengan air |
| 8. | Ayakan 100 Mesh | Menyaring bahan baku |
| 9. | <i>Mortar dan pestle</i> | Menghaluskan serbuk material |
| 10. | <i>Oven</i> | Mengeringkan sampel |
| 11. | <i>Aluminium Foil</i> | Tempat sampel yang hendak dikeringkan |
| 12. | <i>Muffle Furnace</i> | Tungku Pembakaran |
| 13. | <i>Hydrolic Press Machine</i> | Mencetak adonan genteng |

Tabel 3. 2 Alat-alat uji karakterisasi

| No | Nama Alat | Fungsi |
|----|---|---------------------------|
| 1. | <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> | Analisis struktur kristal |
| 2. | <i>Universal Testing Machine Chun Yen</i> | Menguji kekuatan sampel |

Tabel 3. 3 Bahan-bahan penelitian

| No | Nama Bahan | Fungsi |
|----|---------------|----------------------------------|
| 1. | Tanah liat | Bahan utama pembuatan genteng |
| 2. | Lempung | Bahan campuran pembuatan genteng |
| 3. | Kaolin | Alumina dalam pembuatan glasir |
| 4. | Serbuk Silika | Silika dalam pembuatan glasir |
| 5. | Asam Borat | Fluks dalam pembuatan glasir |
| 6. | Air | Melarutkan bahan baku |

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pembuatan genteng, pembuatan bahan glasir dan pengglasiran sampel uji. Selanjutnya dilakukan juga karakterisasi pada sampel uji genteng berglasir tersebut menggunakan XRD.

3.3.1 Pembuatan Genteng

Preparasi sampel genteng diawali dengan menyiapkan bahan baku yaitu lempung, tanah dan air. Masing-masing ditimbang dengan perbandingan 4:1:1 yaitu 200 g lempung : 50 g tanah : air sebanyak 50 ml, kemudian semua bahan diaduk hingga tercampur menggunakan mesin pengaduk hingga membentuk adonan yang mengacu pada metode yang telah dilakukan oleh Aminuddin (2019). Adonan yang telah tercampur selanjutnya didiamkan selama 24 jam.

Adonan yang sudah didiamkan selama 24 jam kemudian ditimbang masing-masing sebanyak 5 g yang selanjutnya dicetak menggunakan mesin tekan hidrolik hingga berbentuk pelet dengan ukuran diameter 1 cm dan tinggi 1,5 cm. Kemudian sampel tersebut dibakar menggunakan *furnace* dengan suhu pembakaran 900 °C dan waktu tahan 1 jam, mengacu pada metode yang telah dilakukan oleh Selvianingrum (2013).

3.3.2 Pembuatan Bahan Glasir

Kaolin ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), serbuk silika (SiO_2) dan boraks (H_3BO_3) masing-masing diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Preparasi bahan glasir dimulai dengan mencampurkan bahan baku kaolin, serbuk silika dan boraks yang telah diayak menggunakan ayakan 100 mesh ke dalam plastik zipper dengan perbandingan 25 g kaolin, 25 g serbuk silika dan 50 g boraks. Selanjutnya bahan tersebut diaduk hingga tercampur (Budiyanto, 2008). Konsentrasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu 100 g komposisi bahan yang dicampurkan dengan 50 ml air. Pencampuran dilakukan dengan cara diaduk sampai larutan tercampur.

3.3.3 Proses Pengglasiran

Larutan glasir diaplikasikan pada media genteng dengan cara mencelupkan genteng kedalam larutan glasir selama 5 detik yang selanjutnya ditiriskan selama 1 menit, kemudian dibakar menggunakan *muffle furnace* dengan variasi suhu 1050 °C, 1100 °C dan 1200 °C mengacu pada metode yang telah dilakukan Supriyadi (2012).

3.4 Karakterisasi

Karakterisasi yaitu proses yang dilakukan untuk menentukan sifat fisika dan kimia suatu sampel uji. Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi pada sampel sesudah diglasir. Karakterisasi yang dilakukan adalah XRD. Dilakukan untuk mengetahui fasa pada komposisi bahan.

3.4.1 Karakterisasi XRD

Langkah-langkah karakterisasi sampel genteng yang telah diglasir dengan X-Ray Diffraction adalah sampel bubuk genteng yang telah diglasir disiapkan lolos *mesh* 100. Selanjutnya sampel diletakkan pada tempat sampel (*sample holder*) kemudian diratakan menggunakan kaca. Sampel dimasukkan ke dalam difraktometer untuk kemudian dilakukan penembakan dengan sinar-X. Pengujian difraksi dimulai saat (menekan tombol “*start*” pada menu di komputer) dimana sinar-X akan meradiasi sampel yang terpancar dari target Cu dengan panjang gelombang 1,5406 Å. Setelah pengukuran selesai maka akan diperoleh data hasil difraksi dalam bentuk *softfile* yang dapat disimpan dalam bentuk *xrdml*, *xy* dll. Selanjutnya data yang diperoleh akan diolah menggunakan aplikasi Rietica untuk mengetahui fasa yang terbentuk dari sampel.

3.4.2 Pengujian Kuat Tekan

Nilai kuat tekan diperlukan untuk mengetahui kekuatan maksimum dari suatu benda untuk menahan tekanan atau beban hingga retak dan pecah. Sampel genteng yang akan diuji diletakkan pada mesin penekan. Genteng ditekan dengan

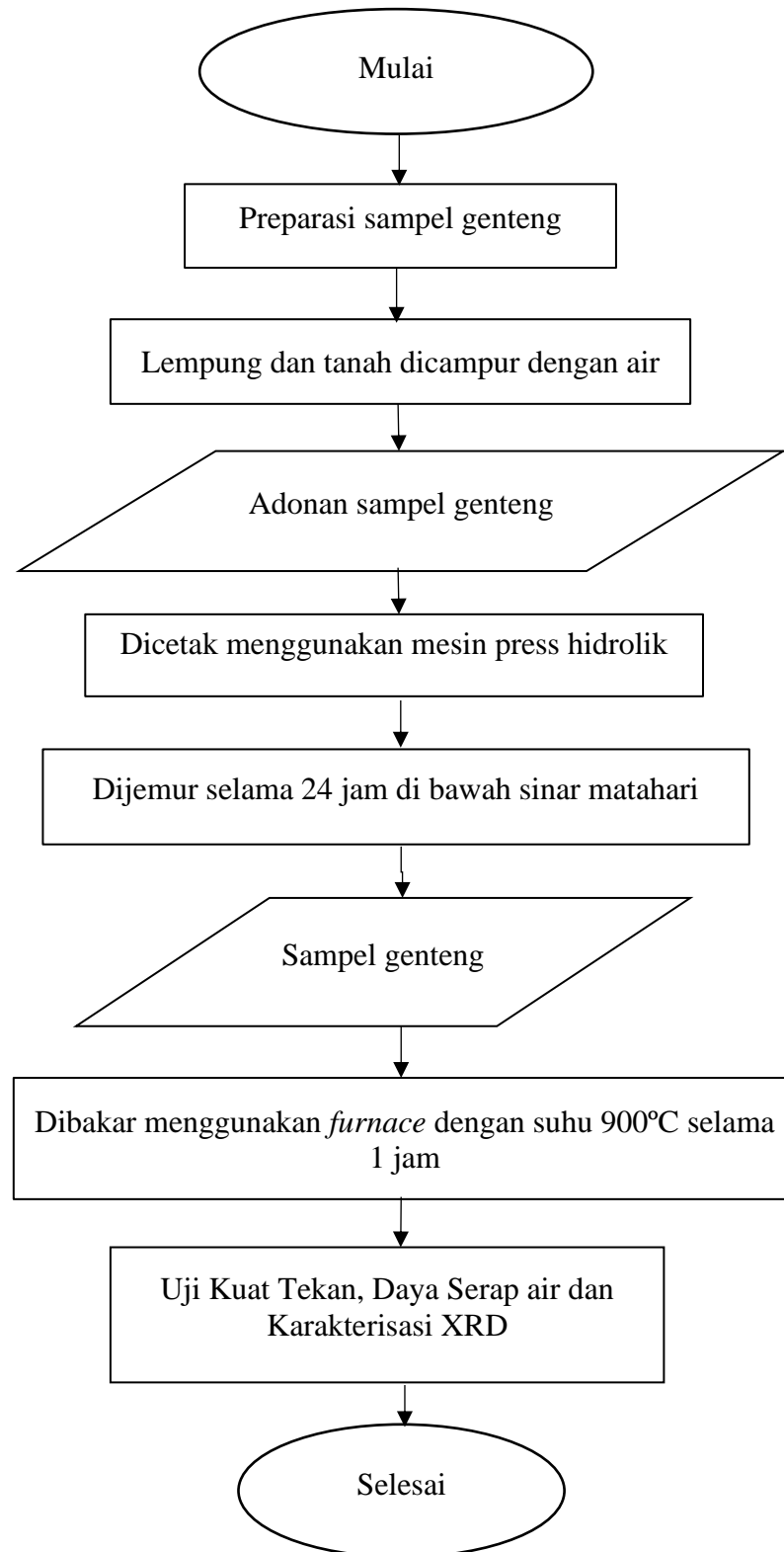
alat penekan sampai genteng pecah. Pada saat pecah dicatat besarnya gaya tekan maksimum yang bekerja (BSN, 2012).

3.4.3 Pengujian Daya Serap Air

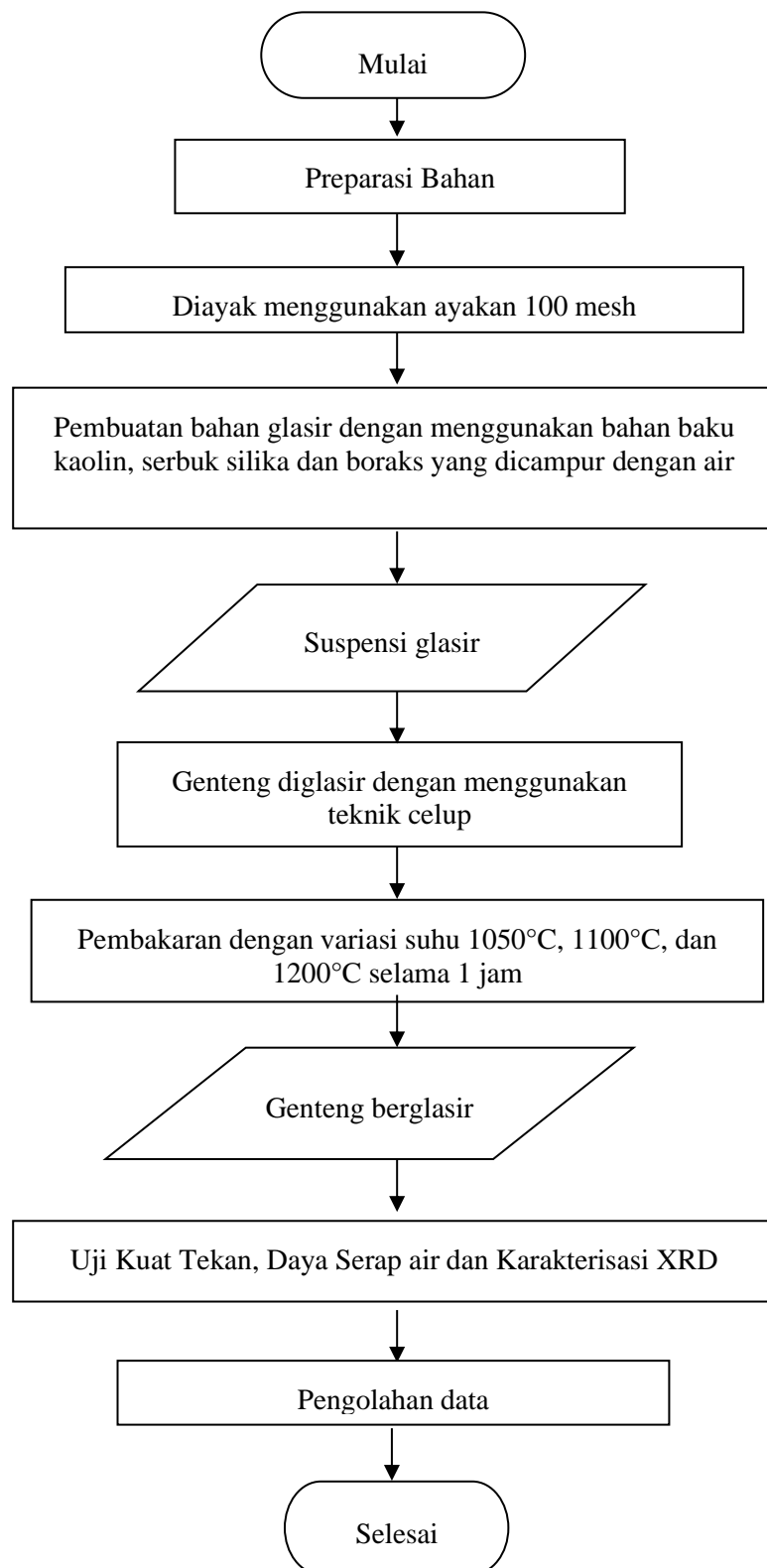
Setelah sampel diglasir, sampel kemudian direndam dalam air dengan waktu perendaman selama 24 jam untuk diuji daya serap airnya menggunakan metode kehilangan berat (BSN, 1998).

3.5 Diagram Alir Penelitian

Proses penelitian secara keseluruhan disajikan dalam bentuk diagram alir seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3.1** dan **Gambar 3.2**.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Pembuatan Sampel Genteng



Gambar 3. 2 Diagram Alir Pengglasiran Genteng

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis fasa kristal sampel genteng berglasir menunjukkan bahwa sampel genteng tanpa glasir memiliki 3 fasa kristal yaitu fasa *nacrite* ($\text{Al}_2\text{H}_4\text{O}_9\text{Si}_2$), fasa *halloysite* ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_3(\text{OH})_8$) dan fasa *quartz* (SiO_2). Kemudian pada sampel genteng glasir dengan suhu pembakaran 1050 °C, 1100 °C, dan 1200 °C memiliki 8 fasa kristal yang terbentuk yaitu *tridymite* (SiO_2), *crystalobalite high* (SiO_2), *dickite* ($\text{Al}_2\text{H}_4\text{O}_9\text{Si}_2$), *sassolite* (H_3BO_3), *quartz* (SiO_2), *pyrophyllite* (AlHO_6Si_2), *clinometaborite* (BHO_2), *crystalobalite* (SiO_2).
2. Hasil nilai kuat tekan tertinggi pada penelitian ini terdapat pada sampel genteng tanpa glasir dengan nilai 299,77 kgf/cm². Sampel tersebut melampaui nilai acuan yaitu syarat mutu genteng menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2095-1998 dimana genteng keramik harus mampu menahan beban minimum 65-140 kgf. Sedangkan pada sampel genteng glasir nilai kuat tekan juga memenuhi syarat mutu genteng menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2095-1998, dan nilai tertinggi dihasilkan pada sampel genteng glasir dengan suhu pembakaran 1200 °C yaitu 113,21 kgf/cm².
3. Hasil uji daya serap air menunjukkan nilai terbaik dengan nilai daya serap air terkecil terdapat pada sampel genteng berglasir dengan suhu pembakaran 1200 °C sebesar 5,108 %, sedangkan nilai daya serap air terbesar terdapat pada sampel genteng tanpa glasir sebesar 24.308 %.

5.2 Saran

Saran pada penelitian ini sebaiknya menggunakan bahan baku glasir dengan kandungan alumina yang tinggi dan mengurangi komposisi asam borat untuk mendapatkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ababneh, A., Matalkah, F., Aqel, R. 2020. Synthesis of Kaolin Based Alkali-Activated Cement: Carbon Footprint, Cost and Energy Assessment. *Journal of Materials Research and Technology*. 9: 8367–8378.
- Akarслан, F., Altınay, O. 2015. Investigation on Water Retention Properties of Boric Acid Doped Textile Surfaces. *Acta Physica Polonica A*. 128(2): 405–406.
- Al-Amaireh, M, N. 2009. Production of Fire Clay Refractory Bricks From Local Materials. *European Journal of Scientific Research*. 26(3): 386-392.
- Aminuddin, J., Haryadi, A., Sunardi. 2019. Proses Pembuatan Genteng Sokka Kebumen. *Dinamika Journal*. 1(4): 45–53.
- Andric, L., Pavlovic, Z. A., Trumic, M., Prstic, A., Tanaskovic, Z. 2012. Specific Characteristics of Coating Glazes Based on Basalt. *Materials and Design*. 39: 9–13.
- Arici, M., Karabay, H. 2010. Determination of Optimum Thickness of Double-Glazed Windows For The Climatic Regions of Turkey. *Energy and Buildings*. 42: 1773–1778.
- Arifin, D, N., Primadona, L. 2014. Pengembangan Glasir Non-Timbal Berbahan

Baku Limbah Tufa Andesit untuk Memenuhi Syarat Mutu Glasir Genteng Keramik Berdasarkan SNI. *Prosiding Pemaparan Hasil Penelitian Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI*. 11(C1): 319–328.

Badan Standarisasi Nasional. 1998. *Genteng Keramik*. SNI No. 03-2095-1998. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Metode Uji Kuat Tekan Silinder Campuran Tanah-Semen*. SNI No. 6887:2012. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.

Biçak, N., Bulutçu, N., Şenkal, B, F., Gazi, M. 2001. Modification of Crosslinked Glycidyl Methacrylate-Based Polymers for Boron-Specific Column Extraction. *Reactive and Functional Polymers*. 47: 175–184.

Boch, P., Niepce, J, C. 2001. *Ceramic Materials: Processes, Property and Application*. Hermes Science Publication. United States.

Budiyanto, W, G., Sugihartono., Sulistya, R., Prasudi, F., Yanto, T, E. 2008. *Kriya Keramik Jilid 3*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Jakarta.

Cullity, B, D. 1978. *Element of X-ray Diffraction*. Addison-Wesley Publishing Company. United States of America.

Fahad., Pratapa, S. 2014. Analisis Komposisi Fasa Komposit Keramik Berbasis SiO_2 -MgO dengan Penambahan B_2O_3 pada Temperatur Sinter 1150 °C. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. 3(1): 1-3.

Hadiyawardman., Rijal, A., Nuryadin, B, W., Abdullah, M., Khairurrijal. 2008. Fabrikasi Material Nanokomposit Superkuat, Ringan dan Transparan Menggunakan Metode Simple Mixing. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*. 1 (1): 14-21.

- Haus, R., Prinz, S., Priess, C. 2012. Assessment of High Purity Quartz Resources. *Quartz: Deposits, Mineralogy and Analytics*. 29–51.
- Hill., Howard, R, J. 1986. *A Computer Program for Rietveld Analysis of Fixed Wavelength X-ray and Neutron Powder Diffraction Patterns*. Research Establishment. Australia.
- Humbarsono, A, Y. 2007. Lempung Serap Tanjung Harjo Sebagai Pencampur Lempung Gunung Pare Godean Untuk Bahan Keramik. *Jurnal Riset Daerah*. 6(1): 700-708.
- Hunter, B, H., Howard, C, J. 1998. *A Computer Program for Rietveld Analysis of X-ray and Neutron Powder Diffraction Patterns*. Lucas Heights Research Laboratories. Australia.
- İpeksever, S., Gönen, M. 2020. Optimization of Boric Acid Extraction From Ulexite Mineral by Using Supercritical Carbon Dioxide. *Journal of Supercritical Fluids*. 166: 1-8.
- Jamo, H, U. 2014. Structural Analysis and Surface Morphology of Kaolin. *Sciences World Journal*. 9(3): 33-37.
- Kavanova, M., Klouzkova, A., Klouzek, J. 2017. Characterization of The Interaction Between Glazes and Ceramic Bodies. *Ceramics-Silikaty*. 61(3): 267–275.
- Linanda, Y, D. 2018. Pengaruh Pengglasiran Terhadap Kekuatan Tekan dan Penyusutan Ceramic Holder pada Pembakaran Tunggal dan Ganda. *Skripsi*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Mahapatra, M, K., Lu, K. 2010. Seal Glass for Solid Oxide Fuel Cells. *Journal of Power Sources*. 195: 7129–7139.

- Mahendrata, W. 2019. Pengaruh Variasi Kaolin Terhadap Struktur Mikro dan Nilai Kekerasan Lapisan Glasir dengan Bahan Dasar Serbuk Silika, Timbal Oksida, dan Boraks. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Norsker, H., Danisch, J. 1993. *Glazes – for the Self-Reliant Potter*. Springer Fachmedien Wiesbaden. Eschborn.
- Pradell, T., Molera, J. 2020. Ceramic technology How to Characterise Ceramic Glazes. *Archaeological Science*. 1–62.
- Pratapa., Suminar. 2011. *Bahan Kuliah Difraksi Sinar-X*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Prianto, E., Dwiyanto, A. 2013. Profil Penutup Atap Genteng Beton Dalam Effisiensi Konsumsi Energi Listrik Pada Skala Rumah Tinggal. *Modul*. 13(1): 23–34.
- Rietveld, H, M. 1969. A Profile Refinement Method for Nuclear and Magnetic Structure. *Journal Applied Crystallograph*. 2: 65-71.
- Rowe, R, C., Sheskey, P, J., Quinn, M, E. 2009. *Hanbook of Pharmaceutical Excipients*. Pharmaceutical Press. United State of America.
- Selvianingrum, L., Sriatun., Darmawan, A. 2013. Pengaruh Tipe Pembakaran Terhadap Kualitas Genteng Berglasir Serbuk Kaca/TiO₂ serta Penentuan Kemampuan Fotokatalisisnya. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. 16(3): 84–89.
- Sianita, M., Azmiyawati, C., Darmawan, A. 2017. Uji Aktivitas Fotokatalis Genteng Berglasir Silika/TiO₂ terhadap Degradasi Larutan Indigo Carmine, Metanil Yellow Dan Rhodamin. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. 20(2): 53–

Supriyadi., Cingah, M., Suardana, P. 2012. Pemanfaatan Lumpur Sidoarjo Sebagai Bahan Mentah Glasir Stoneware. *Buletin Fisika*. 13(1): 1–8.

Torres, P., Fernandes, H, R., Olhero, S., Ferreira, J, M, F. 2009. Incorporation of Wastes From Granite Rock Cutting and Polishing Industries to Produce Roof Tiles. *Journal of the European Ceramic Society*. 29: 23–30.

Vassilev, S, V., Baxter, D., Andersen, L, K., Vassileva, C, G., Morgan, T, J. 2012. An Overview of The Organic and Inorganic Phase Composition of Biomass. *Fuel*. 94: 1–33.

Vlack, L, H, V., Djaprie, S. 1992. Ilmu dan teknologi Bahan. Erlangga. Jakarta.

Yurdakul, H., Turan, S., Ozel, E. 2011. The Mechanism for The Colour Change of Iron Chromium Black Pigments in Glazes Through Transmission Electron Microscopy Techniques. *Dyes and Pigments*. 91: 126–133.

Yustana, P. 2010. Studi Eksperimen Lima Warna Glasir pada Lima Karakter Tanah Liat. *Jurnal Penelitian Seni Budaya*. 2(2): 173–186.