

**ANALISIS DAYA SERAP AIR, KUAT TEKAN DAN STRUKTUR  
KRISTAL PADA GENTENG TANPA GLASIR DAN GENTENG GLASIR  
BERBAHAN SILIKA, KAOLIN DAN ASAM BORAT**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**RAHMAWATI**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**

## ABSTRAK

### ANALISIS DAYA SERAP AIR, KUAT TEKAN DAN STRUKTUR KRISTAL PADA GENTENG TANPA GLASIR DAN GENTENG GLASIR BERBAHAN SILIKA, KAOLIN DAN ASAM BORAT

Oleh

**RAHMAWATI**

Telah dilakukan penelitian untuk menganalisis daya serap air, kuat tekan, dan struktur kristal pada genteng tanpa glasir dan genteng glasir berbahan silika, kaolin, dan asam borat. Proses pengglasiran menggunakan teknik celup. Pengujian sampel meliputi daya serap air dan uji kuat tekan, serta karakterisasi struktur kristal menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) yang dianalisis menggunakan metode *Rietveld*. Hasil uji daya serap air menunjukkan bahwa genteng tanpa glasir memiliki rata-rata daya serap air sebesar 21,69%, sedangkan genteng berglasir sebesar 15,29%. Penurunan daya serap air ini disebabkan oleh lapisan glasir yang menutupi pori-pori pada permukaan genteng. Hasil uji kuat tekan menunjukkan bahwa genteng tanpa glasir memiliki nilai kuat tekan sebesar 299,77 MPa, sedangkan genteng berglasir memiliki nilai kuat tekan sebesar 183,66 MPa. Penurunan kuat tekan pada genteng berglasir disebabkan oleh perubahan struktur kristal dan munculnya fasa *Sassolite* ( $H_3BO_3$ ) yang bersifat lebih lunak. Hasil analisis XRD menunjukkan bahwa fasa yang terbentuk pada genteng tanpa glasir berupa *Quartz*, *Nacrite*, dan *Halloysite*, sedangkan pada genteng berglasir terbentuk fasa *Metahalloysite*, *Nacrite*, *Quartz*, dan *Sassolite*. Proses pengglasiran menyebabkan transformasi *Halloysite* menjadi *Metahalloysite* serta munculnya fasa baru yaitu *Sassolite* akibat penambahan asam borat.

**Kata kunci:** Genteng, Glasir, Daya Serap Air, Kuat Tekan, Struktur Kristal.

## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS OF WATER ABSORPTION, COMPRESSIVE STRENGTH AND CRYSTAL STRUCTURE OF UNGLAZED AND GLAZED TILES MADE FROM SILICA, KAOLIN, AND BORIC ACID**

**By**

**RAHMAWATI**

*A study was conducted to analyze the water absorption, compressive strength, and crystal structure of unglazed and glazed tiles made from silica, kaolin, and boric acid. The glazing process was carried out using the dipping technique. The sample tests included water absorption measurement, compressive strength testing, and crystal structure characterization using X-Ray Diffraction (XRD) analyzed with the Rietveld method. The water absorption test results showed that unglazed tiles had an average water absorption of 21.69%, while glazed tiles had 15.29%. This decrease in water absorption was due to the glaze layer sealing the pores on the tile surface. The compressive strength test results indicated that unglazed tiles had a compressive strength of 299.77 MPa, whereas glazed tiles had a lower strength of 183.66 MPa. The reduction in compressive strength of glazed tiles was attributed to changes in crystal structure and the formation of the softer Sassolite ( $H_3BO_3$ ) phase. XRD analysis revealed that the phases formed in unglazed tiles were Quartz, Nacrite, and Halloysite, while in glazed tiles, the phases included Metahalloysite, Nacrite, Quartz, and Sassolite. The glazing process induced the transformation of Halloysite into Metahalloysite and the formation of the new a Sassolite phase due to the addition of boric acid.*

**Keywords:** Tiles, Glaze, Water Absorption, Compressive Strength, Crystal Structure.

**ANALISIS DAYA SERAP AIR, KUAT TEKAN DAN STRUKTUR  
KRISTAL PADA GENTENG TANPA GLASIR DAN GENTENG GLASIR  
BERBAHAN SILIKA, KAOLIN DAN ASAM BORAT**

Oleh

**RAHMAWATI**

**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  
2025**

Judul Skripsi : **ANALISIS DAYA SERAP AIR, KUAT TEKAN,  
DAN STRUKTUR KRISTAL PADA GENTENG  
TANPA GLASIR DAN GENTENG GLASIR  
BERBAHAN SILIKA, KAOLIN DAN ASAM  
BORAT**

Nama Mahasiswa : **Rahmawati**

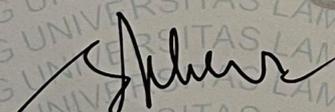
Nomor Pokok Mahasiswa : **1817041085**

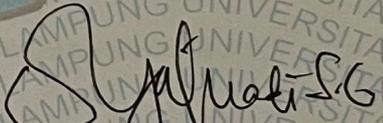
Jurusan : **Fisika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**1. Komisi Pembimbing**

  
**Drs. Pulung Karo Karo, M.Si.**  
NIP. 196107231986031003

  
**Drs. Syafriadi, M.Si.**  
NIP.196108211992031002

**2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA**

  
**Arif Surtano, S.Si., M.Si., M.Eng.**  
NIP. 197109092000121001

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

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

Sekretaris : **Drs. Syafriadi, M.Si.**

Penguji  
Bukan Pembimbing : **Dr. Yanti Yulianti, S.Si., M.Si.**

**2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.**  
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **21 Maret 2025**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan 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 ada pernyataan saya yang tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 21 Maret 2025  
Penulis,



Rahmawati  
NPM. 1817041085

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Rahmawati, dilahirkan di Sukabumi pada tanggal 05 April 2000. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Heri dan Ibu Sopiah. Penulis menyelesaikan pendidikan di Sekolah Dasar Negeri (SDN) 1 Bojonglongok pada tahun 2006-2012, dilanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama (SMP) Islam Insan Adzkiya pada tahun 2012-2015, dan Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 1 Parakansalak pada tahun 2015-2018. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa baru di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) pada tahun 2018 dan mengambil konsentrasi keilmuan bidang Fisika Material. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti berbagai kegiatan baik akademik maupun non akademik. Pada tahun 2019 penulis menjadi anggota bidang Sosial Masyarakat Himpunan Mahasiswa Fisika, anggota Biro BSO BBQ UKM Rohani Islam FMIPA, pada tahun 2020 penulis menjadi Bendahara Dinas PSDM BEM FMIPA Unila, dan tahun 2021 penulis menjadi Sekretaris Dinas PSDM BEM FMIPA Unila. Selain Organisasi penulis juga aktif diberbagai ajang kompetisi dan memenangkan berbagai ajang perlombaan diantaranya Juara 1 Lomba Business Plan Nasional, Juara 2 PKM Riset Eksakta Dies Natalis FMIPA, Juara Favorite Wirausaha Muda Pemula, Juara Favorite LKTI Nasional, Peraih medali Perak Kompetisi Sains Indonesia Bidang Fisika dan menjadi finallis beberapa perlombaan nasional, Penulis juga lolos sebagai penerima pendanaan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) Kemendikbud Ristek 2021, Program Mahasiswa Wirausaha (PMW) 2021, Program Wirausaha Muda Pemula (WMP) Kemenpora RI 2022, dan Program Mitra Bisnis Start Up (PMBSU) Mahasiswa Universitas Lampung 2023,

Penulis juga menjadi delegasi peserta terpilih West Java Youth Forum 2024 dan menjadi 15 Peserta Terbaik dan Juara 2 Penyaji Terbaik, Penulis juga aktif dalam kegiatan pengembangan diri menjadi mentor Karya Tulis Ilmiah, juga menjadi narasumber diberbagai acara kampus dan kepemudaan yaitu Physics Entrepreneur, Dialog Akademik Fisika, menjadi Tutor pembuatan sabun cuci piring untuk UMKM. Penulis juga menjadi Asisten Dosen Mata kuliah Kewirausahaan dan penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Laboratorium Material Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung dengan judul **“Pembuatan Borosilikat dengan Metode Sol Gel”** dan melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di kampung baru, Kec. Labuan Ratu, kota Bandar Lampung pada tahun 2021.

## **MOTTO**

*“Dan orang-orang yang bersungguh-sungguh (berjuang) untuk (mencari keridaan) Kami, pasti Kami tunjukkan kepada mereka jalan-jalan Kami. Dan sesungguhnya Allah benar-benar bersama orang-orang yang berbuat baik”*  
**(QS. Al-Ankabut: 69)**

*“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”.*  
**(QS. Al-Baqarah: 286)**

*“Barang siapa bertakwa kepada Allah, niscaya Dia akan memberinya jalan keluar dan memberinya rezeki dari arah yang tidak disangka-sangka. Dan barang siapa bertawakal kepada Allah, niscaya Allah akan mencukupinya”*  
**(QS. At-Talaq: 2-3)**

*“Segala sesuatu di dunia ini berjalan sesuai ketetapan Allah. Jangan tergesa-gesa dalam mengharap atau bersedih atas sesuatu yang belum datang, karena Allah selalu memberikan yang terbaik di waktu yang paling tepat. Apa yang tertunda bukan berarti tertolak, dan apa yang datang lebih lambat bukan berarti terlupakan. Percayalah, setiap takdir telah Allah atur dengan penuh hikmah, lebih indah dari yang kita rencanakan”*  
**(Penulis)**

## **PERSEMBAHAN**

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, kupersembahkan karya ini untuk orang-orang yang aku cintai:

*Orangtua Tercinta & Terhebat  
(Bapak Heri & Mama Adi)*

Dengan rasa Hormat karya ini untuk kedua orang tuaku, yang doanya adalah kekuatan terbesar dalam setiap langkahku. menjadi cahaya dalam setiap langkah dan alasan di balik setiap perjuangan. Semoga segala cinta dan kesabaran yang tak terhitung ini menjadi keberkahan untuk hidup bapak & mama.

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kemudahan, kelancaran dan berkat karunia-Nya kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir ini yang bertempat di Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung dengan judul **“Analisis Daya Serap Air, Kuat Tekan dan Struktur Kristal Pada Genteng Tanpa Glasir dan Genteng Glasir Berbahan Silika, Kaolin dan Asam Borat”**. Penelitian ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Tugas Akhir dan syarat memenuhi salah satu mata kuliah wajib di Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna dalam penulisan berikutnya yang lebih baik. Semoga laporan ini bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Bandar Lampung, 21 Maret 2025

Rahmawati

## SANWACANA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat, kesehatan dan kesempatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "**Analisis daya serap air, kuat tekan dan struktur kristal pada genteng tanpa glasir dan genteng glasir berbahan silika, kaolin dan asam borat**". Pada kesempatan ini dengan segala kerendahan dan ketulusan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada banyak pihak yang telah mendukung dan membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Pulung Karo Karo, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan, saran, motivasi, ilmu, dan nasehat kepada penulis selama penelitian dan penulisan skripsi.
2. Bapak Drs. Syafriadi, M.Si. selaku Dosen Pembimbing kedua yang sudah banyak memberikan waktunya selama proses menyelesaikan kepenulisan skripsi serta memberikan nasehat, motivasi kepada penulis.
3. Ibu Dr. Yanti Yulianti, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji yang telah berkenan untuk memberikan kritik dan saran yang membangun kepada penulisan.
4. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Seluruh Dosen, Staff dan Karyawan Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Tim Penelitian "GENTENG" yay Hanan, yay Guntur dan yay Nico yang sudah kebersamai menjadi partner menyelesaikan penelitian ini.

8. Keluarga Besar Mahasiswa Jurusan Fisika angkatan 2018.
9. Seluruh Pihak yang telah membantu penulis dalam pengerjaan skripsi ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT. Senantiasa memberikan balasan atas segala kebaikan yang telah dilakukan oleh semua pihak untuk penulis.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Bandar Lampung, 21 Maret 2025  
Penulis,

Rahmawati

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	ii
<b>ABSTRACT</b> .....	iii
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	v
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>PERNYATAAN</b> .....	vii
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	viii
<b>MOTTO</b> .....	x
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	xi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xii
<b>SANWACANA</b> .....	xiii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xviii
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Genteng .....	7
2.2 Glasir .....	9
2.3 Tanah Liat .....	11
2.4 Kaolin .....	14

2.5 Silika.....	15
2.6 Asam Borat .....	16
2.7 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	18
2.8 Kuat Tekan.....	20
2.9 Uji Daya Serap Air.....	21
<b>III. METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	23
3.2 Bahan dan Alat .....	23
3.3 Prosedur Penelitian.....	24
3.3.1 Pembuatan Sampel Genteng Tanpa Glasir .....	24
3.3.2 Pembuatan Sampel Genteng Glasir .....	25
3.4 Pengujian dan Karakterisasi Sampel .....	25
3.4.1 Uji Daya Serap Air .....	25
3.4.2 Uji Kuat Tekan .....	26
3.4.3 Karakterisasi XRD.....	26
3.5 Diagram Alir .....	27
3.5.1 Diagram Alir Pembuatan Sampel Genteng Tanpa Glasir.....	27
3.5.2 Diagram Alir Pembuatan Sampel Genteng Glasir.....	28
3.5.3 Diagram Alir Uji dan Karakterisasi Sampel.....	29
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil Uji Daya Serap Air .....	31
4.2 Hasil Uji Kuat Tekan.....	34
4.3 Hasil Analisis Fasa Sampel Genteng .....	36
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran.....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> Difraksi Sinar X Pada Sampel .....	19
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Pembuatan Sampel Genteng Tanpa Glasir .....	27
<b>Gambar 3.2</b> Diagram Alir Pembuatan Sampel Genteng Glasir.....	28
<b>Gambar 3.3</b> Diagram Alir Uji dan Karakterisasi Sampel.....	29
<b>Gambar 4.1</b> (a) Sampel Genteng Tanpa Glasir (b) Sampel Genteng Glasir..	30
<b>Gambar 4.2</b> Grafik Hasil Uji Daya Serap Air .....	32
<b>Gambar 4.3</b> Hasil Difraktogram Sampel Genteng Non Glasir dan Glasir .....	36
<b>Gambar 4.3</b> Hasil Penghalusan Sampel Genteng Non Glasir dan Glasir .....	39

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1</b> Kandungan Senyawa Kaolin .....	14
<b>Tabel 2.2</b> Karakteristik Silika.....	16
<b>Tabel 3.1</b> Bahan-bahan Penelitian.....	23
<b>Tabel 3.2</b> Alat-alat Penelitian.....	24
<b>Tabel 3.3</b> Alat-alat Uji Karakterisasi.....	24
<b>Tabel 4.1</b> Hasil Uji Daya Serap Air.....	32
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Uji Kuat Tekan.....	34
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Analisis Fasa Genteng Non Glasir .....	37
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Analisis Fasa Genteng Glasir.....	37
<b>Tabel 4.5</b> Persentase Parameter Kesesuaian Penghalusan Sampel .....	39
<b>Tabel 4.6</b> Persentase Fasa dalam Porsen Berat (%).....	40
<b>Tabel 4.7</b> Parameter Kisi dari Setiap Fasa Sampel Genteng Non Glasir .....	41
<b>Tabel 4.8</b> Parameter Kisi dari Setiap Fasa Sampel Genteng Glasir .....	42

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kemajuan ilmu dan teknologi di bidang konstruksi saat ini berkembang sangat pesat, termasuk dalam aspek riset dan penerapan material bangunan. Pemilihan material bangunan menjadi hal yang sangat krusial, terutama karena penggunaannya mempengaruhi kualitas dan efisiensi bangunan. Salah satu komponen penting dalam konstruksi adalah atap, yang berperan sebagai pelindung utama karena berinteraksi langsung dengan sinar matahari. Menurut (Shabany, 2010) atap menerima sejumlah besar energi panas matahari yang berpotensi meningkatkan konsumsi energi secara signifikan. Selain itu, atap juga berfungsi melindungi penghuni bangunan dari perubahan cuaca dan pergerakan angin. Tidak hanya sebagai pelindung atap juga memiliki peran penting dalam membentuk estetika arsitektur sebuah rumah (Akmal, 2009).

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2018), jenis atap yang paling banyak digunakan di Indonesia adalah atap genteng, dengan persentase sebesar 98,39%. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Nirmalasari dkk., 2020) yang menyebutkan bahwa preferensi masyarakat dalam memilih material atap rumah cenderung pada genteng tanah liat. Hal ini dikarenakan genteng tanah liat terbuat dari bahan alam, sehingga menawarkan kenyamanan, ketahanan terhadap cuaca dan waktu, memiliki nilai estetika yang tinggi, ramah lingkungan, serta harganya yang relatif terjangkau.

Bahan dasar pembuatan genteng adalah tanah liat yaitu suatu zat yang terbentuk dari partikel-partikel yang sangat kecil dari mineral yang disebut kaolin yaitu persenyawaan dari oksida alumunium ( $Al_2O_3$ ) dengan oksida *silica* ( $SiO_2$ ) dan air ( $H_2O$ ). Tanah liat ini hasil pelapukan kulit bumi yang sebagian besar terdiri dari

batuan *feldspatik* berupa batuan granit dan batuan beku (Budiyanto dkk., 2008). Dalam pembuatan genteng diperlukan bahan tambahan yaitu tanah lempung, yang kaya akan mineral silika dan alumina, berperan penting dalam memberikan plastisitas dan kekuatan pada genteng (Prasetyo dan Widodo, 2015). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Febrianto dan Lestariningsih, 2003) menyatakan bahwa genteng yang baik yaitu harus memiliki bobot ringan dan daya serap air rendah. Genteng juga merupakan bahan bangunan rumah yang termasuk ke dalam jenis keramik tradisional (Astuti, 1997) semua benda yang terbuat dari tanah liat yang melalui proses pembakaran disebut dengan keramik (Yustana, 2018).

Penelitian tentang genteng telah dilakukan (Sunardi dkk., 2019) yaitu pembuatan genteng soka Kebumen yang berbahan baku tanah liat dan tanah lempung dengan perbandingan 4 : 1 dicampur dengan air . Tahapan utama pada pembuatan genteng ini yaitu pemilihan dan pencampuran material menggunakan mesin penggiling hingga berbentuk adonan, selanjutnya proses percetakan menggunakan mesin *press* dengan tiga tahapan yaitu pemadatan, pencetakan dan penghalusan. Sebelum dimasukan ke dalam mesin adonan diolesi dengan minyak pelumas. Proses selanjutnya pengeringan genteng dilakukan dengan 2 tahap yaitu dikeringkan dengan angin atau didiamkan dalam posisi telentang dan tahapan kedua dikeringkan dengan sinar matahari. Proses yang terakhir yaitu pembakaran pada genteng dengan empat tahap yaitu penyusunan, pengasapan, pembakaran dan pendinginan. Hasil penelitian dari proses pembuatan genteng sokka ini selama 30 hari. Penelitian ini belum optimal karena masih secara manual sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama. Sehingga dapat dilakukan dengan menggunakan furnace untuk proses pembakarannya dengan suhu yang tinggi dan untuk menghasilkan produk keramik yang lebih kuat dan berkualitas dapat dilakukan pengglasiran.

Glasir merupakan material yang membentuk lapisan kaca tipis yang melebur pada permukaan benda keramik yang terdiri dari tiga komponen utama yaitu silika yang berfungsi sebagai unsur pembentuk kaca, alumia berfungsi sebagai pengeras yang digunakan sebagai pengental dalam campuran glasir untuk membentuk lapisan

yang kuat dan lebih keras, unsur ini terdapat dalam Kaolin, *Ballclay* dan *Feldspar*. dan *fluks* berfungsi sebagai unsur pelebur (peleleh) yaitu untuk menurunkan suhu lebur pada bahan glasir. *flux* dalam bentuk karbonat atau oksida adalah timbal/Led, boraks, sodium/atrium, litium, magnesium (Budiyanto dkk., 2008). Pada proses pengglasiran ada beberapa teknik yang bisa digunakan yaitu pencelupan, penyemprotan dan pengkuasan pada permukaan yang akan di glasir. Keramik yang dilapisi dengan glasir akan memiliki kekuatan dan kekerasan yang tinggi, memiliki porositas yang rendah serta tahan terhadap jenis korosi (Nasution dkk., 2017).

Penelitian glasir dilakukan oleh (Suprapedi dkk., 2018) yaitu pembuatan glasir dengan bahan alumunia sebanyak 5 % dan 10 % tujuannya untuk mengetahui pengaruh pemakaian alumunia terhadap karakteristik keramik yaitu kekuatan dan penyusutannya. Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa keramik dengan kandungan alumunia 10 % memiliki kekuatan (780,40 MPa) dan penyusutan 15,53 % dibandingkan alumunia yang 5 % dapat diartikan semakin banyak jumlah alumunia yang digunakan maka kekuatan dan penyusutannya semakin tinggi. (Linanda, 2018) melakukan penelitian tentang glasir yaitu pengaruh pengglasiran terhadap kekuatan tekan dan penyusutan keramik holder pada pembakaran tunggal dan pembakaran ganda. Pada penelitian ini menggunakan komposisi bahan glasir yaitu alumunia 25 %, silika 25 %, dan fluks 50 % dengan temperatur pembakaran tunggal 850°C dan pembakaran ganda 1110°C. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pada pembakaran tunggal (850°C) penyusutan sampel tanpa lapisan glasir yaitu sebesar 3,41 % dan pada sampel yang menggunakan glasir ekspansinya sebesar 7,31 %. dan pada pembakaran ganda (1100°C) pada sampel tanpa lapisan glasir penyusutannya sebesar 8,29 % dan pada sampel yang diglasir hasil penyusutannya sebesar 2,56 %. Maka penyusutan pembakaran ganda (1100°C) spesimen tanpa glasir mengalami susut bakar sebesar 8,29 % , pada sampel yang berglasir sebesar 2,56 %. Sehingga penyusutan pada keramik tanpa glasir dengan pembakaran ganda merupakan penyusutan terbesar diantara penyusutan sampel lainnya, artinya semakin tinggi suhu pembakaran dan banyaknya pembakaran yang dilakukan, penyusutan juga semakin tinggi. Hasil dari uji kekuatannya menyatakan

bahwa kekuatan tekan pada keramik dengan lapisan glasir dan dengan pembakaran ganda lebih tinggi diantara kekuatan tekan sampel lainnya, karena keramik dengan lapisan glasir dan dilakukan dengan pembakaran ganda akan menambah kekuatan tekan dari keramik

Mahendrata (2019) juga melakukan penelitian tentang glasir dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh variasi kaolin (13 %, 16 %, dan 20 %) terhadap hasil dari pengujian struktur mikro dan nilai kekerasan lapisan glasir dengan bahan dasar serbuk silika, timbal oksida dan boraks, dan melakukan pembakaran dengan suhu 800°C dan 1000°C dengan waktu tahannya selama 30 menit dan 45 menit. Hasil dari penelitian ini adalah pembakaran pada suhu 800°C dengan variasi kaolin 20 % belum melebur dengan sempurna dan pada komposisi kaolin 13 % dan 16 % melebur dengan sempurna. Pada suhu 1000°C semua variasi kaolin dapat melebur dengan sempurna. Maka semakin tinggi komposisi kaolin akan semakin sulit untuk meleburnya maka semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu pembakarannya akan meningkatkan peleburan spesimen secara sempurna dan hasil kecacatan pada sampel juga berkurang. Untuk hasil uji kekerasannya yang paling optimum yaitu pada pembakaran suhu 1000°C selama 45 menit dinyatakan bahwa semakin tinggi nilai kaolinnya maka nilai kekerasannya semakin tinggi. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa kombinasi silika dan kaolin dapat meningkatkan kekerasan genteng sehingga komposisinya yang tepat dapat meningkatkan kuat tekan dan menurunkan daya serap airnya.

Berdasarkan beberapa uraian penelitian di atas, maka pada penelitian ini akan dilakukan analisis daya serap air, kuat tekan dan struktur kristal pada genteng tanpa glasir dengan genteng glasir berbahan silika, kaolin, dan asam borat, dengan pembakaran ganda suhu 900°C pada genteng tanpa glasir dan suhu 1000°C pada genteng berglasir. dan dilakukan uji kuat tekan dan uji daya serap air untuk mengukur kualitas dan ketahanan genteng dalam penggunaannya sebagai bahan bangunan, serta melihat struktur kristal atau fasa sampel menggunakan karakterisasi *X-Ray Diffraction (XRD)*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian adalah bagaimana daya serap air, kuat tekan dan struktur kristal pada genteng tanpa glasir dan genteng yang di glasir silika, kaolin dan asam borat?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui daya serap air, kuat tekan dan struktur kristal pada genteng tanpa glasir dan genteng yang di glasir silika, kaolin dan asam borat.

## 1.4 Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu dapat memberikan pemahaman yang lebih tentang analisis daya serap air, kuat tekan dan struktur kristal pada genteng tanpa glasir dan genteng glasir silika, kaolin dan asam borat, dan dapat memperluas pengetahuan dalam bidang material keramik dan konstruksi.

## 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bahan sampel genteng yang digunakan yaitu tanah liat , lempung dan air ;
2. Sampel genteng dibakar pada suhu 900°C selama 60 menit ;
3. Bahan glasir yang digunakan yaitu 25% kaolin, 25% serbuk silika dan 50% asam borat ;
4. Glasir dibuat menggunakan metode *glazing dengan teknik celup* ;
5. Sampel Genteng yang sudah di glasir dibakar pada suhu 1000 °C selama 60 menit ;
6. Sampel Genteng dan glasir dibuat di Laboratorium Fisika Material, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung ;
7. Genteng diuji daya serap airnya untuk mengetahui kemampuan genteng dalam

menyerap air yang mengacu pada SNI 03-2095- 1998 ;

8. Sampel Genteng dikarakterisasi *X-Ray Diffraction (XRD)* untuk mengetahui struktur kristalnya di PT Inovasi Hijau Indonesia, Bandung ;
9. Sampel Genteng diuji menggunakan *Universal Testing Machine Chun Yen* untuk mengetahui kekuatan tekannya, di Laboratorium Rekayasa dan Desain Bangunan Kayu, Institut Pertanian Bogor.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Genteng

Genteng merupakan bagian utama dari suatu bangunan sebagai penutup atap rumah. Fungsi utama genteng adalah menahan panas sinar matahari dan guyuran air hujan. Jenis genteng bermacam-macam yaitu genteng beton, genteng tanah liat, genteng keramik, genteng seng dan genteng kayu (sirap). Keunggulan genteng tanah liat (lempung) selain murah, bahan ini tahan segala cuaca, dan lebih ringan dibanding genteng beton. Sedangkan kelemahannya, genteng ini bisa pecah karena kejatuhan benda atau menerima beban tekanan yang besar melebihi kapasitasnya. Kualitas genteng sangat ditentukan dari bahan dan suhu pembakaran, karena hal tersebut akan menentukan daya serap air dan daya tekan genteng (Ariyadi, 2010).

Genteng adalah salah satu komponen penting pembangunan perumahan yang memiliki fungsi untuk melindungi rumah dari suhu, hujan maupun fungsi lainnya. Agar kualitas genteng optimal, maka daya serap air harus seminimal mungkin, agar kebocoran dapat diminimalisir (Musabbikah, 2007). Seiring dengan kemajuan ilmu dan teknologi ini genteng telah memiliki banyak macam dan bentuk tidak lagi berasal dari tanah liat saja tetapi secara umum genteng dibuat dari semen, agregat (pasir) dan air yang dicampur dengan material lain dengan perbandingan tertentu. Selain itu, untuk menambah kekuatan genteng juga menggunakan campuran seperti serat alam, serat asbes, serat gelas, perekat aspal dan biji-biji logam yang memperkuat mutu genteng, dengan mengingat fungsi genteng sebagai atap yang berperan penting dalam suatu bangunan untuk melindungi rumah dari terik matahari, hujan dan perubahan cuaca lainnya. Maka genteng harus mempunyai sifat mekanis yang baik, seperti kekuatan tekan, kekuatan pukul, kekerasan dan sifat

lainnya (Saragih, 2007). Jenis-jenis genteng yaitu genteng keramik, genteng beton, genteng metal, genteng aspal, genteng polikarbonat, genteng sirap dan genteng polimer. Genteng keramik memiliki warna yang cukup banyak karena pada saat proses *finishingnya* dilapisi pewarna pada bagian atasnya. Kelebihan genteng jenis ini yaitu lebih tahan lama, kuat menahan beban manusia jika diinjak pada saat pemasangan atau mengganti genteng, warnanya tahan lama karena diproses pada saat pembakaran keramik dan tidak perlu pengecatan ulang, cocok digunakan untuk daerah tropis yang sering mengalami pergantian cuaca antara hujan dan panas yang dapat menyebabkan warna cepat memudar. Menurut (Zacoeb dkk., 2013) atap genteng harus memiliki syarat memberi rasa aman dan nyaman pada penghuni, tahan terhadap pengaruh tekanan maupun tiupan angin dan juga tahan lama.

Masyarakat Indonesia mayoritas menggunakan genteng berbahan dasar tanah liat karena keunggulannya dibandingkan dengan genteng lainnya. Genteng ini terbuat dari bahan baku utama berupa tanah liat yang dibentuk dan kemudian dibakar pada suhu tinggi hingga mencapai kematangan tertentu. Proses pembakaran ini bertujuan untuk menghilangkan kandungan air dan meningkatkan kekuatan serta ketahanan genteng terhadap cuaca. Kualitas genteng tanah liat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis dan kualitas tanah liat yang digunakan, proses penggilingan, teknik pembentukan, serta suhu dan durasi pembakaran. Penelitian yang dilakukan (Suardana dan Widiastuti, 2012) menunjukkan bahwa jumlah penggilingan tanah liat berpengaruh signifikan terhadap karakteristik genteng keramik, seperti susut kering, susut bakar, beban lentur, daya serap air, dan perembesan air. Selain itu, inovasi dalam pembuatan genteng tanah liat melibatkan penambahan bahan tambahan seperti lempung dengan kandungan mineral yang lebih tinggi dapat meningkatkan sifat plastisitas bahan baku, sehingga mempermudah proses pembentukan genteng dan menghasilkan produk dengan struktur yang lebih rapat. Selain itu, studi yang dilakukan oleh (Arbiyansah, 2016) menunjukkan bahwa variasi komposisi lempung dapat mempengaruhi porositas dan daya serap air genteng tanah liat, penambahan lempung dengan kadar montmorillonit yang lebih tinggi mampu meningkatkan kekuatan mekanis genteng setelah proses pembakaran.

## 2.2 Glasir

Glasir adalah material yang membentuk lapisan tipis yang terbuat dari bahan tanah atau batuan silikat dan bahan tersebut akan melebur pada saat proses pembakaran. Glasir juga adalah kombinasi yang seimbang dari ketiga bahan utama yaitu oksida basa (flux), Oksida Asam (silika) dan Oksida netral (alumunia). Menurut (Budiyanto dkk., 2008) glasir merupakan lapisan yang diberikan pada keramik sebelum pembakaran. Glasir merupakan salah satu tipe glas yang tipis sebagai lapisan keramik. Glasir adalah cairan suspensi yang mempunyai butiran mineral sangat kecil yang diterapkan dengan penuangan, pengkuasan, pencelupan atau penyemprotan pada permukaan keramik biskuit dan setelah kering dibakar kembali pada temperatur dimana kandungan didalamnya akan meleleh bersama-sama membentuk lapisan kaca pada permukaan yang dilapisi (Pradana, 2017). Perbedaan glasir dengan kaca adalah jumlah kandungan alumunia yang besar, untuk menghasilkan lapisan glasir yang jernih dan berkilat, maka bahan-bahan pembentuk glasir harus seimbang bila ada satu bahan yang tidak seimbang maka hasil glasirnya tidak jernih, perbandingan flux untuk melelehkan alumunia dan silika. Menurut (Supriyadi dkk., 2012) keuntungan menggunakan lapisan glasir pada keramik yaitu dapat menambah nilai estetika dengan warna dan kehalusan permukaannya, menutup badan (pori-pori) keramik sehingga tidak tertembus oleh gas ataupun cairan, 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. dan permukaan keramik mudah dibersihkan.

### 2.2.1 Bahan-Bahan Glasir

Beberapa bahan yang digunakan dalam pembuatan glasir yaitu :

#### a) Silika ( $\text{SiO}_2$ )

Silika adalah bahan utama dalam pembuatan glasir yaitu yang berfungsi sebagai penggelas. Silika juga dapat ditemukan dalam material lainnya seperti pada kaolin, sifat yang dimiliki silika yaitu tahan terhadap korosi dan asam, memiliki

nilai penyusutan yang rendah (Faizah dkk., 2016). dan pada silika murni berbentuk menyerupai kristal dan titik lebur dari silika adalah yaitu antara  $1610^{\circ}\text{C}$ – $1710^{\circ}\text{C}$ . Silika ( $\text{SiO}_2$ ) juga berfungsi sebagai jaringan matriks tempat komponen lain, seperti fluks dan alumina, berikatan selama proses pembakaran, menghasilkan lapisan kaca yang halus dan mengkilap (Maryani dkk., 2021).

b) *Boric Oxide* ( $\text{B}_2\text{O}_3$ )

*Boric Oxide* Berfungsi sebagai pelebur dalam pembuatan glasir yang mendorong pembukan gelas yaitu dapat berupa asam borat.

c) Alumunia ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )

Alumunia yang berfungsi untuk meningkatkan daya tahan,kekerapan,dan kilap serta mengurangipenuaian pada glasir.sumber alumunia bisa didapatkan dari mineral kaolin.

### 2.2.2 Jenis-jenis glasir

Menurut (Budiyanto dkk., 2008) jenis jenis glasir dibagi berdasarkan cara pembuatannya dan temperatur pembakaran.

1. Berdasarkan Cara Pembuatan :

a) Glasir Frit

Glasir yang sebelum digunakan harus melalui proses peleburan pada bahan dasarnya menjadi satu masa gelas yang tidak larut dalam air. Bahan glasir ini yaitu borax, potasium dan sodium.

b) Glasir non fit/mentah

Glasir yang tanpa melalui proses peleburan ,bahan glasir ini tidak larut dalam air sehingga cukup dicampurkan pada bahan lainnya.

c) Glasir campuran

Glasir ini adalah campuran dari glasir yang dibuat dari bahan yang mentah atau tanpa pelebutran dengan bahan yang telah dileburkan.

## 2. Berdasarkan Temperatur Pembakaran :

### a) Glasir bakaran rendah

Jenis glasir bakaran rendah pada umumnya dibakar antara (792°C-1112°C) jenis glasir ini menghasilkan jenis glasi yang halus dan mengkilap dengan ciri khas selalu berwarna terang dan mengkilap.

### b) Glasir bakaran menengah

Glasir ini mengandung flux untuk bakaran rendah dan juga untuk bakaran tinggi. Secara umum glasir ini memadukan sifat-sifat glasir bakaran rendah (halus, *glossy*, cerah) dengan sifat glasir bakaran glasir yang tinggi yang tahan panas.

## 2.3 Tanah Liat

Tanah liat merupakan material alami yang tersusun dari mineral lempung dengan ukuran partikel sangat halus ( $< 2 \mu\text{m}$ ). Mineral utama dalam tanah liat adalah kaolinit ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ), montmorillonit ( $(\text{Na},\text{Ca})(\text{Al},\text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), dan illit ( $(\text{K},\text{H}_3\text{O})(\text{Al},\text{Mg},\text{Fe})_2(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ), yang masing-masing memiliki karakteristik berbeda dalam hal plastisitas, susut bakar, dan sifat fisik lainnya (Grim, 1968). Tanah liat digunakan secara luas dalam industri keramik karena sifatnya yang mudah dibentuk, memiliki daya rekat tinggi, serta mampu mempertahankan bentuk setelah proses pengeringan dan pembakaran (Murray, 2007). Selain itu, keberadaan oksida besi dalam tanah liat dapat mempengaruhi warna hasil akhir produk keramik, dengan kandungan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  yang tinggi menghasilkan warna merah kecoklatan setelah pembakaran (Rogers and Patrick, 2016).

Dalam proses pembuatan keramik, tanah liat mengalami beberapa tahapan, mulai dari pengolahan bahan baku, pembentukan, pengeringan, hingga pembakaran pada suhu tertentu. Suhu pembakaran berpengaruh signifikan terhadap perubahan struktur mineral dalam tanah liat, di mana pada suhu di atas 500°C, air kristal dalam kaolinit mulai terlepas, menghasilkan metakaolin ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ ), dan pada suhu sekitar

1000°C terjadi transformasi menjadi mullit ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ), yang meningkatkan kekuatan mekanik dan ketahanan panas material. Selain itu, tanah liat sering dicampurkan dengan bahan tambahan seperti feldspar dan silika untuk meningkatkan sifat fisik dan estetika produk akhir (Lee and Chen, 2011). Selain dalam industri keramik, tanah liat juga dimanfaatkan dalam berbagai bidang lain, seperti industri farmasi, kertas, kosmetik, dan konstruksi. Montmorillonit, misalnya, sering digunakan sebagai bahan penyerap dalam pembuatan cat dan produk kosmetik karena kemampuannya dalam menyerap air dan zat organik (Singh and Middendorf, 2020). Dalam industri semen, tanah liat dikalsinasi untuk menghasilkan bahan pozzolanik yang meningkatkan daya tahan beton terhadap serangan sulfat (Scrivener et al., 2018). Dengan perkembangan teknologi material, penelitian terus dilakukan untuk memodifikasi struktur tanah liat agar memiliki sifat yang lebih unggul, termasuk dalam pembuatan material nano berbasis tanah liat yang memiliki aplikasi luas dalam bidang teknik dan lingkungan (Tjong and Ruan, 2019).

Jenis tanah liat dibagi menjadi dua yaitu tanah liat primer dan sekunder

a). Tanah liat primer

Tanah liat primer ialah jenis tanah liat yang dihasilkan dari pelapukan batuan feldspatik oleh tenaga endogen yang tidak berpindah dari batuan induk. Selain tenaga air, tenaga uap panas yang keluar dari dalam bumi mempunyai andil dalam pembentukan tanah liat primer. Karena tidak terbawa arus air, angin maupun gletser, maka tanah liat tidak berpindah tempat sehingga sifatnya lebih murni dibandingkan dengan tanah liat sekunder. Tanah liat primer cenderung berbutir kasar, tidak plastis, daya leburnya tinggi dan daya susutnya kecil. Karena tidak tercampur dengan bahan organik seperti humus, ranting atau daun busuk dan sebagainya, maka tanah liat berwarna putih atau putih kusam. Pada umumnya tanah liat primer bersifat tahan api. Suhu matang berkisar antara  $1300^{\circ}\text{C}$  s/d  $1750^{\circ}\text{C}$ . yang termasuk tanah liat primer antara lain: kaolin, *bentonite*, feldspat, kwarsa dan dolomit, biasanya terdapat di tempat-tempat yang lebih tinggi daripada letak tanah sekunder. Mineral kuarsa dan alumina dapat digolongkan sebagai jenis tanah liat primer karena merupakan hasil samping pelapukan batuan feldspatik yang

menghasilkan tanah liat kaolinit. Tanah liat dikelompokkan berdasarkan: warna, asal-usul, kegunaan, bisa dibentuk atau tidak, bila dibakar pecah atau tidak dan sebagainya. dalam keadaan kering tanah liat primer sangat rapuh sehingga mudah ditumbuk menjadi tepung. Hal ini disebabkan bentuk partikelnya tidak seperti partikel tanah liat sekunder yang berupa lempengan sejajar, tetapi berbentuk tak simetris dan bersudut-sudut.

#### b). Tanah liat sekunder

Tanah liat sekunder adalah jenis tanah liat hasil pelapukan batuan feldspatik yang berpindah jauh dari batuan induknya karena tenaga eksogen, dan dalam perjalanan bercampur dengan bahan-bahan organik maupun anorganik sehingga merubah sifat-sifat kimia maupun fisika tanah liat tersebut. Jumlah tanah liat sekunder lebih banyak dari tanah liat primer. Transportasi air mempunyai pengaruh khusus pada tanah liat, salah satunya ialah gerakan arus air cenderung menggerus mineral tanah liat menjadi partikel-partikel yang semakin mengecil. Pada saat kecepatan arus melambat, partikel yang lebih berat akan mengendap dan meninggalkan partikel yang halus dalam larutan. Pada saat arus tenang, seperti di danau atau di laut, partikel-partikel yang halus akan mengendap di dasarnya. Tanah liat yang dipindahkan biasanya terbentuk dari beberapa macam jenis tanah liat dan dari beberapa sumber. Dalam setiap sungai, endapan tanah liat dari beberapa situs cenderung bercampur bersama kehadiran berbagai oksida logam seperti besi, nikel, titan, mangan dan sebagainya, dari sudut ilmu keramik dianggap sebagai bahan pengotor. Bahan organik seperti humus dan daun busuk juga merupakan bahan pengotor tanah liat. Karena pembentukannya melalui proses panjang dan bercampur dengan bahan pengotor, maka tanah liat mempunyai sifat: berbutir halus, berwarna krem/abu-abu/coklat/merah jambu, suhu matang antara  $900^{\circ}\text{C}$  s/d  $1400^{\circ}\text{C}$ . Pada umumnya tanah liat sekunder lebih plastis dan mempunyai daya susut yang lebih besar daripada tanah liat primer. Setelah dibakar, warnanya menjadi lebih terang dari krem muda, abu-abu muda ke coklat. Semakin tinggi suhu bakarnya semakin keras dan semakin kecil porositasnya, sehingga benda keramik menjadi kedap air. dibanding dengan tanah liat primer, tanah liat sekunder mempunyai ciri tidak murni, warna lebih gelap, berbutir halus dan mempunyai titik lebur yang relatif rendah.

Setelah dibakar biasanya warna krem, abu-abu muda, coklat muda ke tua. Menurut titik leburnya, tanah liat sekunder dapat dibagi menjadi lima kelompok besar, yaitu: Tanah liat tahan api (*Fire Clays*), Tanah liat *stoneware*, *Ball Clay*, Tanah liat merah (*Earthenware Clay*), dan Tanah liat jenis Monmorilinit. (Budiyanto dkk., 2008).

## 2.4 Kaolin

Kaolin merupakan lempung yang berwarna putih yang memiliki rumus kimia silikat hidrat ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) perbandingan jumlahnya yaitu 47% silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ), 35% Alumunium Oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dan 24% Air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Kandungan komposisi ini dapat berubah tergantung dari substitusi mineral lainnya (Utomo, 2010) Kaolin memiliki sifat yaitu berwarna putih, titik lebur berkisar antara  $1700^\circ\text{C} - 1785^\circ\text{C}$ , tidak plastis dan memberikan warna putih meskipun telah dibakar (Faizah dkk., 2016) Kaolin banyak dimanfaatkan dalam pembuatan keramik (Sriwijaya dkk., 2013) struktur kristal kaolin terdiri dari pasangan lapisan lembaran silikat tetrahedral dan alumunia oktahedral (Nugraha dan Kulsum, 2017). Penelitian yang telah dilakukan (Setiadi dkk., 2016) menyatakan kandungan dalam kaolin adalah sebagai berikut :

**Tabel 2.1** Kandungan Senyawa Kaolin

No	Kandungan	Persentase(%)
1	Si	42,30
2	Al	24,0
3	Fe	13,50
4	K	5,24
5	Ca	6,17
6	Ti	2,77
7	V	0,10
8	Cr	0,089
9	Mn	0,19

Kaolin memiliki fungsi sebagai pengikat, karena sifatnya mengikat kuarsa dengan sangat baik. Dengan partikel yang sangat halus dan berkualitas tinggi membuat kaolin dapat dimanfaatkan juga dalam bidang farmasi, cat, kosmetik industri kertas, dan *plastic* (Sa'adah dkk., 2019).

Kaolin adalah bubuk putih lembut terdiri dari mineral kaolinit, terdiri dari kristal plat kira-kira heksagonal dengan ukuran mulai dari sekitar 0,1 mikrometer hingga 10 mikrometer atau lebih besar jika dilihat dari mikroskop elektron (Aleanizy et al., 2015).

## **2.5 Silika**

Silika adalah senyawa kimia dengan rumus  $\text{SiO}_2$  (silicon dioksida) yang dapat diperoleh dari silika mineral, nabati dan sintesis kristal. Silika murni terdapat dalam dua bentuk yaitu kuarsa dan kristobalit. Silika memiliki ciri fisis seperti ditunjukkan Tabel 2.2 yang menunjukkan sifat fisis silika yaitu berbentuk padatan atau serbuk halus, berwarna putih, titik didih dan cair tinggi, serta daya tahan yang tinggi berwarna putih, titik didih dan cair tinggi, serta daya tahan yang tinggi terhadap basa dan asam. Silika dapat digunakan untuk membuat gelas yaitu berfungsi sebagai lapisan gelas bila mencair dan kemudian membeku sehingga menjadi unsur penggelas. Silika murni berbentuk menyerupai kristal dan titik leburnya sangat tinggi yaitu  $1610\text{ }^\circ\text{C}$ - $1710\text{ }^\circ\text{C}$  (Budiyanto dkk., 2008).

Silika ( $\text{SiO}_2$ ) merupakan senyawa kimia yang terdiri dari satu atom silikon dan dua atom oksigen, membentuk struktur tetrahedral di mana satu atom silikon dikelilingi oleh empat atom oksigen. Struktur dasar ini dapat berpolimerisasi membentuk berbagai bentuk, termasuk struktur kristal seperti kuarsa, tridimit, dan krisobalit, serta bentuk amorf seperti silika gel dalam bentuk kristal, silika menunjukkan sifat fisik yang berbeda tergantung pada modifikasinya. Kuarsa, memiliki struktur kristal yang sangat stabil dan kuat, menjadikannya material yang penting dalam berbagai aplikasi industri. Selain itu, silika amorf seperti silika gel memiliki struktur berpori yang memungkinkan penyerapan molekul air, sehingga sering digunakan sebagai

desikan. Sifat fisik dan kimia silika sangat dipengaruhi oleh struktur dan morfologinya. Penelitian yang dilakukan oleh (Ramadhan dkk., 2021) tentang pengaruh waktu pemanasan terhadap sifat struktur dan morfologi silika dari limbah sekam padi menunjukkan bahwa variasi waktu pemanasan dapat mempengaruhi ukuran pori dan luas permukaan spesifik silika yang dihasilkan. Hal ini penting dalam aplikasi silika sebagai adsorben atau katalis .

**Tabel 2.2** Karakteristik Silika (El-Kareh, 1995)

Nama Mineral	: Silikon Dioksida (Silika)
Koordinasi Geometri	: Tetrahedral
Bentuk	: Padat
Berat Jenis	: 2,6 gr/cm <sup>3</sup>
Titik Cair	: 1610 °C
Titik didih	: 2230 °C
Kekuatan tekuk	: 70 Mpa
Kekuatan tarik	: 100 Mpa
Modulus elastisitas	: 73-75 Gpa
Resistivitas	: >10 <sup>17</sup> mm
Konduktivitas termal	: 3.2. 10 <sup>-3</sup> W/m.K

## 2.6 Asam Borat

Asam borat (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) adalah senyawa boron yang memiliki struktur molekul planar trigonal, di mana atom boron terikat pada tiga gugus hidroksil. Struktur ini menghasilkan ikatan hidrogen yang kuat antar molekul, yang mempengaruhi sifat fisika dan kimianya. Dalam fasa padat, asam borat membentuk lapisan-lapisan molekul yang terikat oleh ikatan hidrogen, menghasilkan struktur berlapis (Atkins and Paula, 2010). Sifat ini mempengaruhi kemampuan asam borat untuk melarut

dalam air dan pelarut polar lainnya. Asam borat mengalami beberapa transisi fasa tergantung pada suhu dan tekanan. Pada suhu kamar, asam borat berada dalam fasa ortorombik. Ketika dipanaskan, asam borat mengalami dehidrasi secara bertahap, menghasilkan berbagai bentuk polimorfik dan akhirnya boron oksida ( $B_2O_3$ ) (Greenwood and Earnshaw, 1997). Transisi fasa ini penting dalam aplikasi asam borat, terutama dalam pembuatan material keramik dan kaca. Dalam bidang material keramik, asam borat digunakan sebagai fluks untuk menurunkan suhu sintering dan meningkatkan densifikasi. Dalam material komposit, asam borat dapat berfungsi sebagai pengisi atau bahan penguat. Selain itu, asam borat juga digunakan dalam pembuatan material nano, seperti boron nitrida dan boron karbida, yang memiliki sifat mekanik dan termal yang unggul (Smith and March, 2007). Penelitian tentang aplikasi asam borat dalam material maju terus berkembang, dengan fokus pada pengembangan material yang lebih ringan, kuat, dan tahan panas.

Asam borat ( $H_3BO_3$ ) sering digunakan dalam formulasi glasir keramik karena kemampuannya menurunkan suhu leleh dan meningkatkan fluiditas glasir. Dalam penelitian genteng, penambahan asam borat dalam glasir dapat meningkatkan pembentukan lapisan gelas yang homogen dan halus, mengurangi porositas, dan meningkatkan ketahanan terhadap air. Selain itu, asam borat dapat berinteraksi dengan silika dan kaolin selama pembakaran, memodifikasi struktur kristal, dan meningkatkan kuat tekan genteng (Kingery et al., 1976). Struktur kristal yang terbentuk dalam glasir, seperti boron oksida dan silikat boron, dapat mempengaruhi sifat optik dan mekanik glasir, serta interaksinya dengan badan genteng.

Asam borat ( $H_3BO_3$ ) memainkan peran krusial dalam modifikasi sifat glasir keramik. Sebagai fluks, asam borat menurunkan suhu leleh glasir, memfasilitasi pembentukan fase cair pada suhu yang lebih rendah, dan meningkatkan fluiditas glasir selama pembakaran (Varshneya, 2006). Penurunan suhu leleh ini sangat penting dalam produksi genteng, karena memungkinkan penggunaan suhu pembakaran yang lebih rendah, mengurangi konsumsi energi, dan mencegah deformasi genteng. Selain itu, asam borat dapat meningkatkan pembasahan glasir

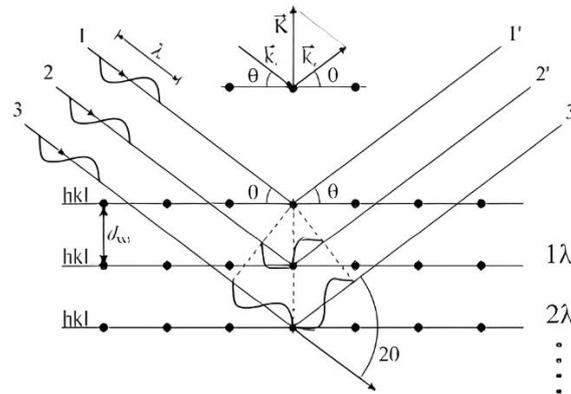
pada permukaan genteng, menghasilkan lapisan glasir yang lebih homogen dan adhesi yang lebih baik. Asam borat berinteraksi secara kompleks dengan silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan oksida lainnya dalam formulasi glasir. Interaksi ini mempengaruhi pembentukan jaringan gelas, viskositas, dan koefisien ekspansi termal glasir. Asam borat dapat bertindak sebagai pembentuk jaringan dan pengubah jaringan, tergantung pada komposisi glasir dan kondisi pembakaran (Shelby, 2005). Dalam glasir silikat, asam borat dapat menggantikan silika dalam jaringan gelas, menghasilkan struktur yang lebih longgar dan viskositas yang lebih rendah. Interaksi ini juga mempengaruhi pembentukan fase kristalin dalam glasir, seperti silikat boron, yang dapat meningkatkan ketahanan glasir terhadap korosi dan abrasi.

## **2.7 X-Ray Diffraction (XRD)**

Difraksi Sinar X merupakan suatu teknik analisis yang digunakan untuk menganalisa struktur kristal sebuah material karena setiap unsurnya memiliki pola tertentu. Metode ini memanfaatkan interaksi antara sinar-X dengan atom yang tersusun dalam sistem kristal. Sinar X ditemukan oleh ilmuwan fisika yaitu Wilhelm Conrad Rontgen menurut penelitiannya mengungkapkan bahwa sinar-X dipancarkan ketika elektron dalam sinar katoda menumbuk logam noda target. Penyebab utama yang menghasilkan bentuk pola-pola difraksi serbuk yaitu ukuran dan bentuk dari setiap selnya serta nomor atom dan atom dalam selnya, Terdapat dua metode yang dapat dilakukan yaitu : (1). Metode serbuk, sampel yang berbentuk serbuk dan (2). Metode kristal tunggal dimana sampel yang digunakan berbentuk sebuah kristal tunggal. Metode yang sering digunakan yaitu metode serbuk karena lebih mudah dalam menganalisis struktur fase material tersebut, data yang diperoleh yaitu puncak difraksi, intensitas relatif puncak, dan bentuk bentuk puncak difraksi (Munasir dkk., 2012).

Ketika sinar -X menumbuk suatu elektron, maka sinar x tersebut dihamburkan oleh elektron kesegala arah. Fenomena ini diterangkan dengan teori hamburan Thomson dan teori hamburan Compton, terdapat perbedaan diantara kedua teori tersebut. Pada teori Thomson sinar X yang dihamburkan oleh elektron bersifat koheren.yaitu

memiliki frekuensi yang sama dengan sinar X yang datang, hal ini berarti tidak ada perubahan energi atau disebut hamburan elastis, Sedangkan pada teori Compton, terdapat perbedaan Panjang gelombang antara sinar x yang datang dan yang dihamburkan, sehingga terjadi perubahan energi atau disebut hamburan non elastis (Setianingsih, 2018).



**Gambar 2.1** Difraksi Sinar X Pada Kristal (Dynatech, 2019)

Gambar 2.1 menggambarkan prinsip dasar difraksi sinar-X (XRD) pada material kristal. Proses ini dimulai ketika sinar-X datang (1, 2, 3) dengan panjang gelombang ( $\lambda$ ) mengenai rangkaian atom yang tersusun secara teratur dalam bidang-bidang kristal ( $hkl$ ). Jarak antar bidang-bidang ini ditandai sebagai  $d(hkl)$ . Interaksi antara sinar-X dan bidang-bidang atom ini menghasilkan sinar pantul (1', 2', 3'). Intensitas sinar pantul ini kemudian diukur sebagai fungsi sudut pantul terhadap sudut datang yaitu sudut  $2\theta$ , yang merupakan sudut antara sinar-X yang datang dan sinar-X yang terdifraksi. Titik-titik hitam dalam gambar melambangkan atom-atom dalam bidang kristal, dan vektor  $K$  menggambarkan vektor gelombang sinar-X. Fenomena difraksi ini dijelaskan oleh Hukum *Bragg*.

Hukum *Bragg* adalah prinsip dasar dalam difraksi sinar-X (XRD) yang menjelaskan kondisi terjadinya interferensi konstruktif ketika sinar-X berinteraksi dengan atom-atom dalam kristal. Pola difraksi yang dihasilkan oleh XRD, yang didasarkan pada Hukum *Bragg*, dapat untuk menentukan struktur kristal, menganalisis fase kristal, menentukan parameter kisi dan juga dapat memahami sifat material.

### Persamaan 2.1 Hukum *Bragg*

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad (2.1)$$

Keterangan :

$d$  = jarak antar bidang dalam kristal

$\theta$  = sudut difraksi

$n$  = orde difraksi ( 0,1,2,3,.. )

$\lambda$  = panjang gelombang.

## 2.8 Kuat Tekan

Kuat tekan merupakan salah satu parameter mekanik utama dalam menilai kualitas bahan bangunan, termasuk genteng. Kuat tekan adalah kemampuan suatu material untuk menahan beban tekan sebelum mengalami kerusakan atau kegagalan struktural. Dalam industri genteng, kuat tekan sangat dipengaruhi oleh komposisi bahan baku, metode pembuatan, dan kondisi pembakaran (Setiawan dkk., 2021). Material dasar genteng, seperti tanah liat, mengalami perubahan struktur selama proses pembakaran yang berdampak pada peningkatan kekuatan mekaniknya. Penambahan bahan tambahan seperti silika dan feldspar dapat meningkatkan kuat tekan dengan membentuk fase kaca yang lebih kuat dan mengurangi porositas material (Sutopo dan Rahman, 2020). Selain komposisi material, suhu dan waktu pembakaran juga berperan penting dalam menentukan kuat tekan genteng. Studi menunjukkan bahwa peningkatan suhu pembakaran di atas 1000°C dapat meningkatkan densitas dan kekuatan mekanik genteng, tetapi jika terlalu tinggi dapat menyebabkan deformasi atau retak termal (Hidayat dan Prasetyo, 2019). Oleh karena itu, optimalisasi komposisi bahan dan parameter proses pembakaran sangat penting untuk menghasilkan genteng dengan kuat tekan yang tinggi serta daya tahan yang baik terhadap beban struktural.

Uji Kuat tekan adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui kekuatan 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 dengan rumus :

$$P = \frac{F_{maks}}{A} \quad (2.2)$$

Pada persamaan (2.2) yaitu  $P$  merupakan kuat tekan spesimen dalam Mega Pascal (MPa),  $F_{maks}$  merupakan beban maksimum yang diberikan dalam newton (N), dan  $A$  yaitu luas permukaan bidang normal yang menyentuh sampel genteng ( $\text{cm}^2$ ).

## 2.9 Uji Daya Serap Air

Daya serap air merupakan salah satu sifat fisik penting dalam menentukan kualitas suatu bahan bangunan, termasuk genteng. Daya serap air menunjukkan kemampuan suatu material untuk menyerap dan menahan air dalam pori-porinya. Semakin tinggi daya serap air suatu bahan, semakin besar kemungkinan material tersebut mengalami kerusakan akibat siklus pembasahan dan pengeringan, yang dapat menyebabkan degradasi struktural seperti retak dan penurunan kekuatan mekanik (Sutopo dan Rahman, 2020). Pada material genteng, daya serap air dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, seperti komposisi bahan baku, ukuran pori, dan kondisi proses pembakaran. Genteng berbasis tanah liat yang memiliki struktur pori yang lebih besar cenderung memiliki daya serap air yang tinggi. Penambahan bahan tambahan seperti silika dan kaolin dapat mengurangi porositas material dan meningkatkan kepadatan, sehingga menurunkan daya serap air (Setiawan dkk., 2021). Selain itu, suhu pembakaran yang lebih tinggi dapat memperbaiki struktur mikro genteng dengan mengurangi jumlah pori yang terbuka, sehingga menurunkan daya serap air dan meningkatkan ketahanan terhadap cuaca ekstrem (Hidayat dan Prasetyo, 2019).

Salah satu parameter untuk 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- 2095-1998 dirumuskan :

$$PA = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\% \quad (2.3)$$

Pada persamaan (2.3) *PA* merupakan penyerapan air pada sampel genteng (%), *W1* merupakan berat benda uji kering (gram), dan *W2* merupakan berat benda uji setelah perendaman (gram). permukaan bidang normal yang menyentuh sampel genteng (cm<sup>2</sup>).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung pada bulan Oktober 2022 – November 2022. Pengujian kuat tekan dilakukan di laboratorium Rekayasa dan Desain Bangunan Kayu Institut Pertanian Bogor, Uji Daya Serap air dilakukan di Laboratorium Fisika Material dan karakterisasi XRD di PT Inovasi Hijau Indonesia Bandung.

#### 3.2 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.1, alat yang digunakan pada pembuatan sampel genteng terdapat pada Tabel 3.2 dan alat yang digunakan pada proses karakterisasi dan pengujian sampel dapat dilihat pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.1** Bahan-bahan penelitian

No	Nama Bahan	Fungsi
1	Tanah liat	Bahan dasar pembuatan genteng
2	Lempung	Bahan tambahan pembuatan genteng
3	Kaolin	Bahan pengeras pada glasir
4	Silika	Penghasil warna mengkilat
5	Asam Borat	Peleleh komponen glasir
6	Air	Penglarut semua material

**Tabel 3.2** Alat-alat penelitian

No	Nama Alat	Fungsi
1.	Gelas Ukur	Mengukur volume air
2.	Spatula	Mengaduk larutan
3.	Bejana	Membuat adonan sampel
4.	Plastik <i>Wrap</i>	Menutup sampel
5.	<i>Magnetic stirrer</i>	Mengaduk larutan otomatis
6.	<i>Beaker Glass</i>	Mencampurkan bahan glasir
7.	Pinset	Memindahkan sampel
8.	<i>Furnace</i>	Memanaskan sampel
9.	<i>Neraca Digital</i>	Menimbang massa
10.	Cawan	Menyimpan sampel
11	Mesin Press Hidrolis	Mencetak sampel bentuk pelet
12..	Ayakan 100 Mesh	Menyaring Bahan Baku

**Tabel 3.3** Alat-alat uji karakterisasi

No	Nama Alat	Fungsi
1	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	Analisis struktur Kristal
2	<i>Universal Testing Machine ChunYen</i>	Menguji kekuatan sampel

### 3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan diantaranya pembuatan sampel genteng tanpa glasir, pembuatan sampel genteng glasir, pengujian daya serap air dan kuat tekan, juga dilakukan karakteriasi menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)* Langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut :

#### 3.3.1 Pembuatan Sampel Genteng Tanpa Glasir

Tahapan pembuatan sampel genteng di awali dengan menyiapkan bahan yaitu tanah liat 200 gram, lempung 50 gram dan air 50 ml. dengan perbandingan 4 :1 :1. Kemudian mencampurkan semua bahan dan diaduk menggunakan tangan hingga berbentuk adonan. Diamkan selama 24 jam disuhu ruangan. Selanjutnya adonan di timbang masing-masing 5 gram dan dicetak menggunakan mesin Press Hidrolic berbentuk pelet dengan diameter 1 cm dan tinggi 1,5 cm. Sampel di jemur dibawah

sinar matahari selama 10 jam dan di bakar menggunakan furnace dengan suhu 900°C selama 60 menit untuk mengurangi kadar air pada sampel mengacu pada penelitian (Sunardi dkk., 2019).

### **3.3.2 Pembuatan Sampel Genteng Glasir**

Tahapan pembuatan sampel genteng glasir dengan menyiapkan material padatan yaitu 25 gram Kaolin ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ), 25 gram serbuk silika ( $\text{SiO}_2$ ), dan 50 gram asam borat ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) Masing-masing material dihaluskan dan diayak hingga lolos 100 mesh, kemudian campurkan semua bahan dengan 50 ml air didalam *beaker glass* dan diaduk menggunakan magnetic stirer hingga semua bahan menjadi berbentuk larutan yang homogen. Selanjutnya sampel genteng yang sudah jadi melewati proses pembakaran dicelupkan kedalam larutan glasir menggunakan pincet selama 5 detik dan ditiriskan selama 1 menit untuk menjaga ketebalan glasir pada sampelnya. kemudian di bakar menggunakan furnace dengan suhu 1000°C selama 60 menit (Mahendrata, 2019).

## **3.4 Pengujian dan Karakterisasi Sampel**

Pengujian dan Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik sampel. Pada penelitian dilakukan pengujian yaitu uji daya serap air dan uji kuat tekan kemudian dilakukan *karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD)* untuk mengetahui struktur kristal yang ada pada sampel genteng tanpa glasir dan genteng glasir, kemudian dilakukan pengujian yaitu uji daya serap air dan uji kuat tekan.

### **3.4.1 Uji Daya Serap Air**

Sampel geteng masing-masing ditimbang untuk mengetahui masa sampelnya, kemudian sampel genteng direndam dalam air selama 24 jam, dan ditimbang kembali untuk mengukur masa setelah direndam dan dicatat hasilnya, pada proses ini dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali untuk masing-masing sampel. dan dihitung menggunakan persamaan (2.3) dan mengacu pada SNI 03-2095-1998.

### 3.4.2 Uji Kuat Tekan

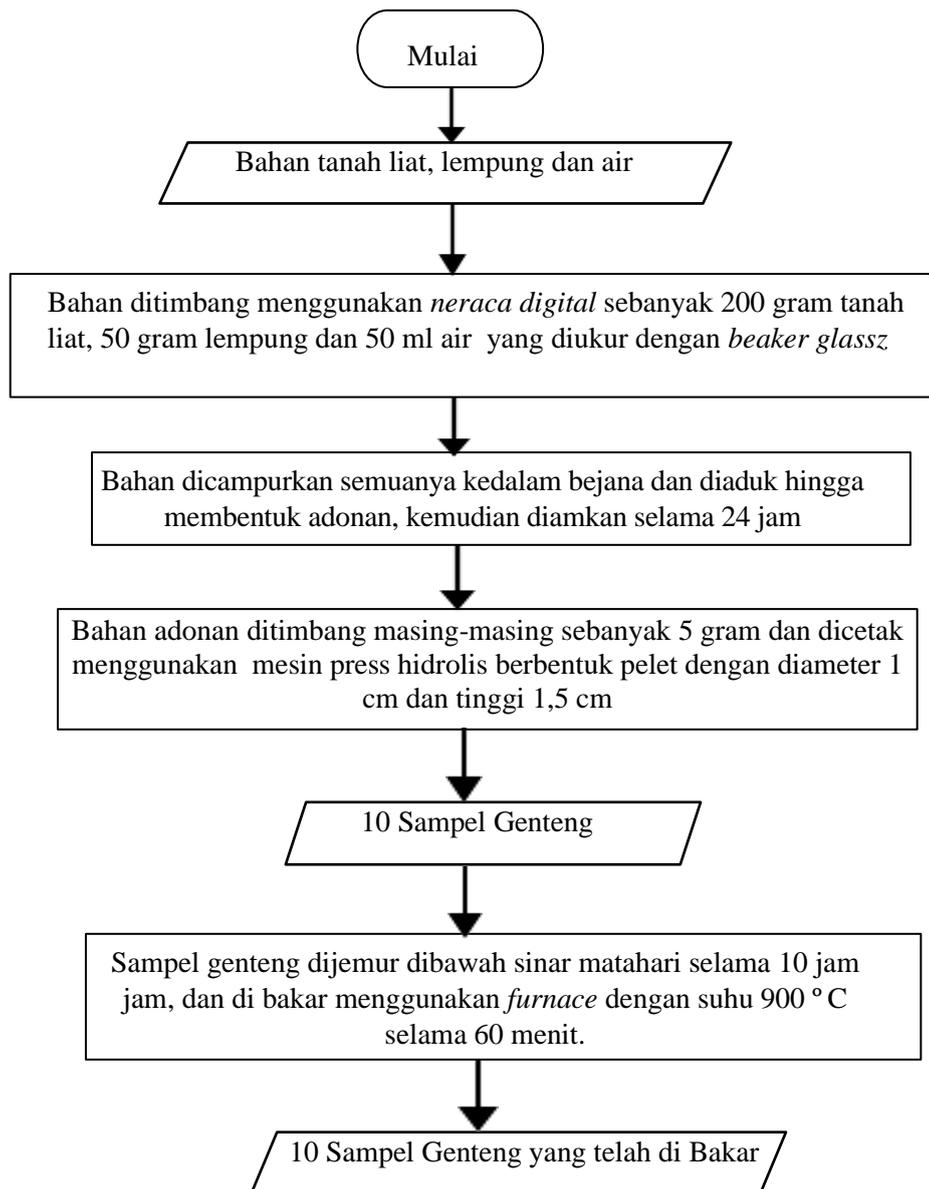
Nilai kuat tekan diperlukan untuk mengetahui kekuatan maksimum dari suatu benda untuk menahan tekanan atau beban hingga retak dan pecah. Sampel genteng yang akan diuji diletakkan pada mesin penekan. Genteng ditekan dengan alat penekan sampai genteng pecah. Pada saat pecah dicatat besarnya gaya tekan maksimum yang bekerja dan hasil data dihitung menggunakan Permasamaan (2.2) untuk mengetahui nilai kuat tekan sampel glasir dan non glasir.

### 3.4.3 Karakterisasi XRD

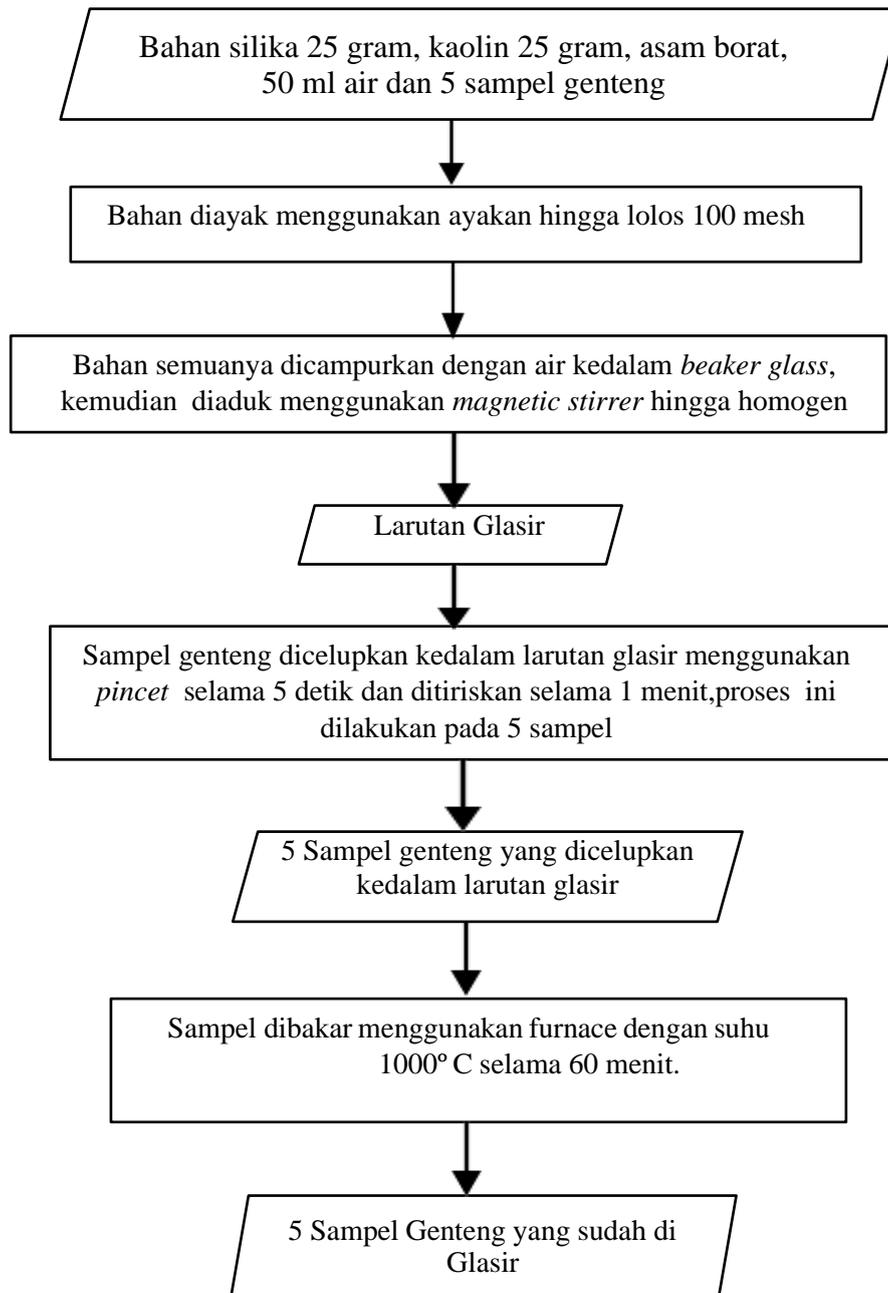
Langkah-langkah karakterisasi sampel genteng yang telah diglasir dengan X-Ray Diffraction adalah sampel bubuk genteng yang telah diglasir disiapkan lolos *mesh* 100. Selanjutnya sampel diletakkan pada tempat sampel (*sample holder*) kemudian diratakan menggunakan kaca. Sampel dimasukkan ke dalam difraktometer 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 C 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 *Qual X*, *Rietica* dan *Origin* untuk mengetahui fasa yang terbentuk dari sampel genteng non glasir dan non glasir.

### 3.5 Diagram Alir

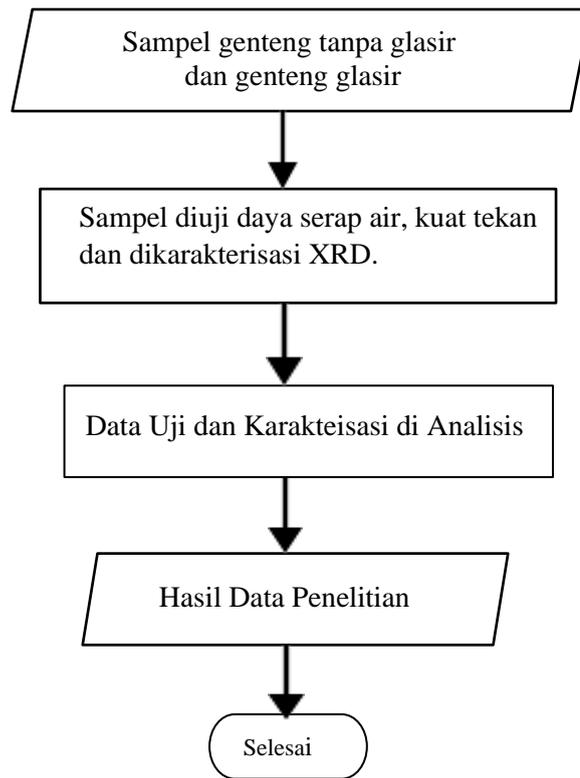
Diagram alir pada penelitian ini dapat di lihat pada Gambar 3.1 pembuatan sampel genteng, Gambar 3.2 proses pengglasiran dan Gambar 3.3 pengujian serta karakterisasi sampel



**Gambar 3.1** Diagram Alir Pembuatan Sampel Genteng Tanpa Glasir



**Gambar 3.2** Diagram Alir Pembuatan Sampel Genteng Glasir



**Gambar 3.3** Diagram Alir Uji dan Karakterisasi Sampel

## V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Daya Serap Air pada genteng glasir memiliki nilai yang lebih rendah yaitu (15,29%) dibandingkan genteng tanpa glasir (21,69%) menunjukkan terjadi penurunan saat genteng di glasir. Sehingga dapat dikatakan bahwa proses pengglasiran memiliki efektivitas dalam meningkatkan ketahanan genteng terhadap air. Sehingga yang memenuhi standar SNI 03-2095-1998 yaitu genteng glasir, karena memenuhi nilai daya serap air maksimum yang diperbolehkan untuk genteng adalah  $\leq 20\%$ .
2. Kuat Tekan pada genteng tanpa glasir memiliki kuat tekan yang lebih tinggi (299,77 MPa) dibandingkan genteng berglasir (183,66 MPa). Menunjukkan bahwa material genteng tanpa glasir memiliki struktur yang lebih kuat dan mampu menahan beban lebih besar dibandingkan genteng yang telah mengalami proses pengglasiran. Penurunan kuat tekan ini dapat disebabkan dengan adanya proses perlakuan pembakaran serta keberadaan lapisan glasir yang tidak sepenuhnya menyatu dengan substrat genteng dan masih adanya kandungan air dalam lapisan glasir menyebabkan struktur sampel menjadi kurang padat dan kekuatannya.
3. Struktur Kristal pada pengglasiran mengubah struktur kristal genteng secara signifikan. Genteng tanpa glasir didominasi oleh fase *Nacrite* (35,05%), *Halloysite* (47,56%), dan *Quartz* (17,40%). Setelah pengglasiran, *Halloysite* berubah menjadi *Metahalloysite* (5,72%), *Nacrite* meningkat menjadi 91,00%, *Quartz* menurun menjadi 0,94% dan muncul fase *Sassolite* (2,33%). Perubahan ini menunjukkan reaksi antara bahan glasir dan genteng selama pembakaran.

## 5.2 Saran

Penelitian selanjutnya dapat memvariasikan komposisi bahan glasir untuk mengoptimalkan daya serap air, kuat tekan, dan struktur kristal genteng. Dengan penambahan material untuk meningkatkan ketahanan mekanik. dan dapat ditambahkan dengan analisis SEM dan FTIR untuk memahami perubahan mikrostruktur dan komposisi kimia akibat pengglasiran. Selain itu, variasi suhu pembakaran direkomendasikan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap struktur kristal dan sifat mekanik genteng, sehingga dapat diperoleh suhu optimal yang menghasilkan genteng dengan kualitas terbaik sesuai standar industri.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akmal, I. (2009). *Seri Rumah Ide Edisi 7/IV: Atap dan Kanopi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Aleanizy, F. S., Alqahtani, F., Al Gohary, O., El Tahir, E., & Al Shalabi, R. (2015). Determination and characterization of metronidazole–kaolin interaction. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 23(2), 167–176.
- Aminudin, J.H., & Sunardi, A. (2019). Proses Pembuatan Genteng Sokka Kebumen. *Dinamika Journal: Pengabdian Masyarakat*, 1(4).
- Arbiyansah. A. (2016). *Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Lentur Genteng Beton*. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Ariyadi, Y. (2010). *Pengujian Karakteristik Mekanik Genteng* (Skripsi). Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Astuti, A. (1997). *Pengetahuan Keramik*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Atkins, P., & de Paula, J. (2010). *Physical chemistry* (9th ed.). Oxford University Press.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Boyolali. (2018). *Persentase Rumah Tangga Menurut Jenis Atap Terluas Bangunan Tempat Tinggal*. Diakses tanggal 22 Oktober 2024
- Budiyanto, W. G., Sugihartono, Sulistya, R., Prasudi, F., & Yanto, T. E. (2008). *Kriya Keramik Jilid 3*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Dynatech. 2019. Teknik XRD: X-Ray Diffraction, Definisi, Prinsip, Beserta Gambar di [www.dynatech-int.com](http://www.dynatech-int.com) . Diakses 24 Maret 2025

- El-Kareh, B. (1995). *Fundamentals of Semiconductor Processing Technology*. Boston: Kluwer Academic Publishers
- Faizah, N., Sembiring, S., & Situmeang, R. (2016). Pengaruh Penambahan Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 0, 10, dan 15% (b/b) terhadap Karakteristik Kekerasan dan Struktur Cordierite ( $2\text{MgO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 5\text{SiO}_2$ ) Berbasis Silika Sekam Padi. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 4(2), 139-147.
- Febrianto, F., & Lestariningsih, T. (2003). Pengaruh penambahan serat ijuk terhadap kuat lentur genteng beton. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 5(2), 145–151.
- Gautama, N. (2013). *Keramik Untuk Hobi dan Karir*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Gibbs, G. V., Boisen, M. B., Downs, R. T., & Lasaga, A. C. (1988). Mathematical Modeling of the Structures and Bulk Moduli of  $\text{TX}_2$  Quartz and Cristobalite Structure-Types, *MRS Online Proceedings Library*, 121, 155.
- Greenwood, N. N., & Earnshaw, A. (1997). *Chemistry of the elements (2nd ed.)*. Butterworth-Heinemann.
- Grim, R. E. (1968). *Clay Mineralogy*. McGraw-Hill.
- Gruner, J. W. (1933). The crystal structure of nacrite and a comparison of certain optical properties of the kaolin group with its structures. *Zeitschrift für Kristallographie-Crystalline Materials*, 85(1-6), 345-354.
- Hidayat, R., & Prasetyo, B. (2019). Pengaruh Suhu Pembakaran terhadap Sifat Mekanik Genteng Tanah Liat. *Jurnal Material Bangunan*, 7(2), 45-56.
- Kingery, W. D., Bowen, H. K., & Uhlmann, D. R. (1976). *Introduction to ceramics (2nd ed.)*. John Wiley & Sons
- Kuncoro, S. (2016). Pengaruh suhu pembakaran terhadap sifat mekanik dan mikrostruktur genteng berglasir. *Jurnal Material Teknik*, 10(2), 45-52.
- Lee, W. E., & Chen, X. (2011). Development of mullite ceramics. *Journal of the European Ceramic Society*, 31(6), 931-937.
- Leis, D. (2019). Pengaruh penambahan abu cangkang kerang terhadap daya serap air pada genteng. *Jurnal Material Bangunan*, 11(2), 145-152.

- Linanda, Y. D. (2018). *Pengaruh Pengglasiran Terhadap Kekuatan Tekan dan Penyusutan Ceramic Holder pada Pembakaran Tunggal dan Ganda* (Skripsi). Universitas Brawijaya, Malang.
- Mahendrata. (2019). Pengaruh Variasi Kaolin terhadap Struktur Mikro dan Nilai Kekerasan Lapisan Glasir dengan Bahan Dasar Serbuk Silika, Timbal Oksida, dan Boraks. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(2), 45-52.
- Maryani, E., Nurjanah, N. S., & Hadisantoso, E. P. (2021). Pengaruh Penambahan TiO<sub>2</sub> dalam Bahan Glasir Produk Keramik terhadap Fotodegradasi Metilen Biru. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 5(1), 50-58.
- Mehmel, M. (1935). Über die Struktur von Halloysit und Metahalloysit. *Zeitschrift für Kristallographie - Crystalline Materials*, 90(1-6), 35-43.
- Munasir, M., Triwikantoro, T., Zainuri, M., & Darminto. (2012). Uji XRD dan XRF pada Bahan Mineral (Batuan dan Pasir) sebagai Sumber Material Cerdas (CaCO<sub>3</sub> dan SiO<sub>2</sub>). *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, 2(1), 20-29.
- Murray, H. H. (2007). *Applied Clay Mineralogy: Occurrences, Processing, and Application of Kaolins, Bentonites, Palygorskite-sepiolite, and Common Clays*. Elsevier.
- Musabbikah, M. (2007). Variasi komposisi bahan genteng Soka untuk mendapatkan daya serap air yang optimal. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 8(2), 15-22.
- Nasution, A., Siregar, N., & Tarigan, S. (2017). *Pengaruh Pelapisan Glasir terhadap Kekerasan Keramik*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Nirmalasari, D., Lubis, I. H., Kusuma, H. E., & Koerniawan, M. D. (2020). Preferensi Penggunaan Material pada Atap Rumah Tinggal. *Tesa Arsitektur*, 18(1), 1-9.
- Nugraha, I., & Kulsum, U. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Material Komposit Kaolin-ZVI (Zero Valent Iron) serta Uji Aplikasinya sebagai Adsorben Kation Cr(VI). *Jurnal Kimia Valensi*, 3(1), 59-70.
- Park, S. J., Kim, H. J., & Lee, Y. T. (2019). Structural properties of boric acid (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) in ceramic applications. *Ceramics International*, 45(5), 3052-3060.
- Pradana, A. N. (2017). *Pengembangan Material Glasir dengan Bahan Dasar Kaca dan Kalsit (CaCO<sub>3</sub>)*. Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- Prasetyo, R., & Widodo, B. (2015). Pemanfaatan Tanah Lempung sebagai Bahan Tambahan dalam Pembuatan Genteng Berpori. *Jurnal Rekayasa Material*, 9(1), 12-18. Universitas Sebelas Maret.
- Purwantoro, A., Suryanto, W., Antoni, & Hardjito, D. (2016). Setting Time dan Kuat Tekan Mortar Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Tipe C. *Jurnal Teknik Sipil*, 23(2), 95-102.
- Ramadhan, R., Wahyudi, T., & Suryani, I. (2021). Pengaruh Waktu Pemanasan terhadap Struktur dan Morfologi Silika dari Limbah Sekam Padi. *Jurnal Material Maju*, 12(2), 45-56.
- Rodriguez, J. M., Alonso, J. L., & Fernandez, A. (2018). The mechanical properties of ceramic materials containing quartz. *Journal of Ceramic Engineering*, 25(4), 512-521.
- Rogers, J., & Patrick, L. (2016). The effect of iron oxide on the color of fired clays. *Ceramics International*, 42(5), 7891-7902.
- Sa'adah, H., Abdassah, M., & Chaerunisaa, A. Y. (2019). Aplikasi Kaolin dalam Farmasi dan Kosmetik. : *Jurnal Farmasi Indonesia*, 16(02), 334-346.
- Saragih, D. N. (2007). *Pembuatan dan Karakteristik Genteng Beton yang Dibuat dari Pulp Serat Daun Nanas Semen Portland Pozolan* (Skripsi). Universitas Surakarta, Surakarta.
- Sari, R., & Tjandra, D. (2017). Pemanfaatan limbah genteng sebagai agregat dalam pembuatan beton ringan. *Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 45-53.
- Scrivener, K. L., Snellings, R., & Lothenbach, B. (2018). *A Practical Guide to Microstructural Analysis of Cementitious Materials*. CRC Press.
- Selvianingrum, D. (2013). Pengaruh komposisi bahan baku terhadap tingkat porositas genteng non-glasir. *Jurnal Teknik Material*, 7(1), 55-63.
- Setiadi, A., Jumaeri, & Widiarti, N. (2016). Sintesis Zeolit dengan Kandungan Si/Al Rendah dari Kaolin Menggunakan Metode Peleburan dan Hidrotermal. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 5(3), 164-168.
- Setianingsih, T. (2018). *Prinsip Dasar dan Aplikasi Metode Difraksi Sinar-X untuk Karakterisasi Material*. Universitas Brawijaya Press.
- Setiawan, D., Surya, M., & Hakim, R. (2021). Analisis Kuat Tekan Genteng dengan Variasi Komposisi Silika dan Kaolin. *Jurnal Rekayasa Material*, 12(1), 34-42.

- Shabany, Y. (2010). *Heat Transfer: Thermal Management of Electronics*. Boca Raton: CRC Press.
- Shelby, J. E. (2005). *Introduction to glass science and technology* (2nd ed.). Royal Society of Chemistry.
- Singh, M., & Middendorf, B. (2020). Calcinated clays as supplementary cementitious materials: recent advances and applications. *Cement and Concrete Research*, 131, 106023.
- Smith, M. B., & March, J. (2007). *March's advanced organic chemistry: Reactions, mechanisms, and structure* (6th ed.). Wiley.
- Sriwijaya, R., Wildan, M. W., & Wibowo, P. S. (2013). Pengaruh Komposisi Tanah Liat, Kaolin, dan Kwarsa serta Suhu Pembakaran terhadap Sifat Keramik Tradisional. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XII*, Universitas Lampung, 195-202.
- Suardana, I. W., & Widiastuti, N. M. A. (2012). Pengaruh Jumlah Penggilingan Tanah Liat sebagai Bahan Pembuat Genteng Keramik terhadap Karakteristik Genteng. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 13(1), 85-92
- Suhartoyo, T. (2015). Faktor penyebab blistering pada genteng berglasir dan metode penanganannya. *Jurnal Rekayasa Keramik*, 12(3), 67-75.
- Sunardi, Susanti, Y., & Mustikasari, K. (2019). Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik dari Ubi Negara (*Ipomoea batatas L*) dengan Kaolin sebagai Penguat. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 11(2), 65-76.
- Suprapedi, Muljadi, Sardjono, P. (2018). The Characterization of Ceramic Alumina Prepared by Using Additive Glass Beads. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 432, 012053.
- Supriyadi, Cingah, M., & Suardana, P. (2012). Pemanfaatan Lumpur Sidoarjo sebagai Bahan Mentah Glasir Stoneware. *Buletin Fisika*, 13(1), 1-8.
- Sutopo, A., & Rahman, T. (2020). Studi Pengaruh Komposisi Bahan terhadap Kuat Tekan Genteng Keramik Tradisional. *Indonesian Journal of Ceramics and Composites*, 8(3), 78-89.
- Tjong, S. C., & Ruan, J. (2019). Nano clay composites for environmental applications. *Journal of Nanomaterials*, 1-16.

- Toby, B. H., & Von Dreele, R. B. (2013). GSAS-II: The genesis of a modern open-source all-purpose crystallography software package. *Journal of Applied Crystallography*, 46(2), 544-549.
- Utomo, S. (2010). Karakteristik Bahan Baku Kaolin untuk Bahan Keramik. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 12(2), 120-125.
- Varshneya, A. K. (2006). *Fundamentals of inorganic glasses* (2nd ed.). Society of Glass Technology.
- Will, G., Bellotto, M., Parrish, W., & Hart, M. (1988). Crystal Structures of Quartz and Magnesium Germanate by Profile Analysis of Synchrotron-Radiation High-Resolution Powder Data. *Journal of Applied Crystallography*, 21(2), 182-191.
- Xu, W., Zhao, L., & Liu, T. (2021). Effect of quartz content on the mechanical properties of clay-based ceramics. *Materials Research Bulletin*, 136, 111-123.
- Young, R. A. (1993). *The Rietveld method*. Oxford University Press.
- Yustana, P. (2018). Studi Eksperimen Lima Warna Glasir pada Lima Karakter Tanah Liat. *Jurnal Rekayasa Material dan Manufaktur*, 2(2), 1-14.
- Zachariasen, W. H. (1934). The Crystal Lattice of Boric Acid,  $\text{BO}_3\text{H}_3$ . *Zeitschrift für Kristallographie - Crystalline Materials*, 88(1-6), 150-161.
- Zacoeb, A. M., Indrayani, Y., & Wijaya, A. (2013). *Teknologi bahan*. Universitas Islam Indonesia.
- Zhao, H., Wang, Y., & Zhu, X. (2021). Halloysite nanotubes: A review of recent advances and future challenges in sustainable materials. *Applied Clay Science*, 203, 105981.
- Zhukhlistov, A. P. (2008). Crystal Structure of Nacrite from the Electron Diffraction Data. *Crystallography Reports*, 53(1).