

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kulit Kakao

Indonesia merupakan salah satu produsen kakao terbesar di Asia Tenggara dengan basis produksi yang tersebar di berbagai daerah. Kakao merupakan tanaman yang cocok ditanam di daerah tropis. Sumatera Utara merupakan salah satu daerah penghasil kakao dengan perkiraan produksi sebesar 35.198 ton pada tahun 2021 (Dirjen Perkebunan, 2021).

Theobroma cacao L. adalah nama biologis yang diberikan oleh Linnaeus kepada pohon kakao pada tahun 1753. Kakao (*Theobroma cacao* L.) adalah satu-satunya spesies yang dibudidayakan secara komersial di antara 22 spesies dari genus *Theobroma cacao*. Biji kakao merupakan bagian terbesar dari biji kakao. Satu buah kakao terdiri dari $\pm 74\%$ kulit buah, 2% plasenta dan 24% biji. Tanaman ini diyakini asli dari lembah Amazon di Amerika Serikat.

Salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan pohon kakao adalah iklim dan tanah. Habitat alami pohon kakao adalah tropis. Intensitas curah hujan, suhu dan radiasi matahari juga merupakan faktor iklim yang dapat mempengaruhi pertumbuhan pohon kakao. Selain itu, faktor fisik dan kimia yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman kakao adalah tanah, yang berkaitan dengan penetrasi akar dan kemampuan menyerap unsur hara. Ketinggian tanaman kakao yang paling ideal untuk ditanam adalah kurang dari 800 m di atas permukaan laut (Karmawati, 2010).



Gambar 2.1 Tanaman Kakao

Kulit buah kakao merupakan bagian terbesar dari buah kakao. Cangkang kakao adalah mesocarp, atau dinding cangkang, yang menutupi kulit luar daging buah sebelum mengandung biji. Buah kakao (*Theobroma cacao* L.) terdiri dari daging buah, fragmen biji dan plasenta. Buah kakao (*Theobroma cacao* L.) adalah mesocarp, atau bagian dari dinding buah kakao, yang dimulai pada kulit dan berakhir pada pulp sebelum biji dipetik. Buah kakao yang mengalami proses dekomposisi dan analisis menunjukkan kadar air 9,829%, kadar selulosa 17,27%, kadar lignin 52,02%, kadar hemiselulosa 19,56%, dan kadar *phenethyl alcohol* 1 : 2 (v/ v). 21,689%. Seperti halnya sisa tanaman lainnya, dengan meningkatnya produksi biji kakao, demikian pula jumlah buah kakao akan naik dan tidak dimanfaatkan secara optimal (Fynissa, 2020).

Kandungan kulit kakao terutama terdiri dari polisakarida (selulosa dan hemiselulosa), dengan lignin mencapai $14,7 \pm 0,35\%$. Kulit kakao adalah limbah lignoselulosa. Lignoselulosa artinya serat kasar yang terdiri dari tiga komponen yaitu selulosa (31,25%), hemiselulosa (48,64%), dan lignin (20,11%), yang menghasilkan satu kesatuan yang saling terikat. Lignoselulosa terdiri atas tiga penyusun yaitu:

2.1.1 Selulosa

Selulosa merupakan komponen utama dinding sel tumbuhan, keadaan murninya hampir tidak pernah ditemukan di alam, tetapi bergabung dengan lignin dan hemiselulosa membentuk lignoselulosa. Selulosa terdiri atas 15-14.000 unit molekul glukosa. Rantai panjang selulosa melewati ikatan hidrogen dan gaya van der Waals. Bagian selulosa yang mudah terhidrolisis disebut bagian amorf, dan bagian yang sulit terhidrolisis disebut bagian kristal. Ikatan β -1,4 glukosidik dalam serat selulosa dapat diuraikan dan di hidrolisis menjadi monomer glukosa dengan hidrolisis asam atau enzimatis.

2.2.2 Hemiselulosa

Hemiselulosa umumnya disebut menjadi selulosa dengan berat molekul rendah. Hemiselulosa adalah polisakarida menggunakan berat molekul lebih rendah dari selulosa serta terdiri berasal 2-7 residu gula yang tidak sinkron. Berbagai residu karbohidrat atau non-karbohidrat lainnya bisa menggunakan praktis menggantikan hemiselulosa. Perbedaan antara selulosa dan hemiselulosa

artinya bahwa derajat polimerisasi hemiselulosa (50-200 unit) larut pada alkali, namun hampir tidak larut pada asam. Selulosa di sisi lain merupakan kebalikannya.

2.2.3 Lignin

Lignin merupakan senyawa tahan hidrolisis. Lignin merupakan kompleks polimer hidrokarbon yang mengandung komponen alifatik dan aromatik. Lignin terdiri atas monomer yang berasal dari berbagai jenis cincin.

Lignin sedikit larut, lignin melindungi selulosa. Selulosa tahan terhadap hidrolisis yang ditimbulkan oleh adanya ikatan basa dan eter. Lignin sendiri tersusun dari 61–65% karbon, 5–6,1% hidrogen, dan residu gugus metoksi dengan kalor pembakaran 6.280 kal/% (Jentiber, 2017).

Menurut Jentiber (2017), terdapat beberapa komposisi kulit buah kakao antara lain pektin sebesar 18%, Tannin sebesar 2%, Katekin sebesar 0,07%, dan Antosianin sebesar 1,04% yang adapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Komposisi Buah Kakao

Komposisi	(%Berat)
Pektin	18
Tannin	2
Katekin	0,07
Antosianin	1,04

Menurut Jentiber (2017), terdapat tiga kandungan kimia pada kulit kakao yang berperan sebagai pembuatan keramik berpori yaitu senyawa lignin sebesar 20,11%, selulosa sebesar 31,35%, dan hemiselulosa sebesar 48,64% yang dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Kandungan Kimia Pada Kulit Buah Kakao

Senyawa Kimia	(%Berat)
Kadar Air	12,96
Abu	11,10
Lemak	1,11
Protein	8,75
Karbohidrat	16,27
Lignin	20,11
Selulosa	31,35
Hemiselulosa	48,64



Gambar 2.2 Kulit Kakao

Komoditas selain minyak dan gas saat ini penting untuk ekspor, terutama tanaman perkebunan. Kakao merupakan salah satu komoditas ekspor yang memegang peranan penting dalam perekonomian Indonesia karena merupakan salah satu sektor industri sebagai mata pencarian masyarakat. Lingkungan alami pohon kakao adalah tropis. Pohon kakao memiliki warna yang seragam, tetapi pada dasarnya hanya memiliki dua warna yaitu hijau saat muda dan kuning saat matang.

2.2 Clay

Indonesia memiliki cadangan *clay* yang sangat besar dan tersebar pada seluruh wilayah. Banyaknya *clay* membuat orang berpikir untuk menggunakan tanah liat. *Clay* bersifat plastis ketika basah dan menjadi sangat keras waktu dibakar pada suhu yang sangat tinggi. *Clay* atau tanah liat merupakan suatu zat yang terbentuk dari kristal-kristal kecil. Kristal ini terutama terbentuk dari mineral yang disebut kaolinit. Bentuknya seperti lempengan kecil berbentuk segi enam dengan bagian atas rata. Bentuk kristal ini memberikan sifat liat (plastisitas) Jika dicampur menggunakan air, serta praktis dibuat karena kristal dan air bergabung sebagai campuran.

Clay adalah sejenis bahan baku keramik, yang memiliki sifat plastisitas dan mudah dibentuk dalam keadaan basah (lembab). Secara umum, *clay* memiliki sifat yang tidak stabil dan tidak menunjukkan sifat alami seperti batu dan kayu. Karena karakternya yang patuh, tidak banyak perlawanan. Apapun yang memungkinkan *clay* digunakan untuk berbagai kegunaan tak terbatas, seperti bangunan, dinding halaman, alat-alat rumah tangga, benda hias, dan seni murni.



Gambar 2.3 Clay

Komponen penyusun pembentuk *clay* adalah silika bebas berbentuk tidak beraturan berupa kuarsa, amorf, silika gel, flint dan kaslidan. Komponen-komponen ini dapat mengurangi plastisitas, mengurangi kehilangan api, dan mengurangi kekuatan tekan dan tarik. Namun, jika senyawa sangat halus, komponen ini tidak akan berfungsi. Ada *clay* yang terbentuk secara acak dalam bentuk gibsite dan diaspora. Berupa senyawa feldspar, mika dan hornblende. Efek dari unsur-unsur di atas dalam tanah liat mengurangi plastisitas, mengurangi kerugian akibat pengeringan dan api, dan meningkatkan ketahanan api. Menurut Mahida (1984), *clay* adalah campuran partikel pasir dan debu serta fragmen lempung dengan sifat yang berbeda-beda.

Menurut Jentiber (2017), terdapat beberapa komposisi senyawa kimia pada *clay* yaitu senyawa pada Silika sebesar 65,54%, Aluminium Oksida sebesar 18,785%, dan Magnesium Oksida sebesar 0,609% yang dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Komposisi Senyawa Kimia Pada *Clay*

Senyawa	(%berat)
Silika (SiO ₂)	65,54
Alumunium oksida (Al ₂ O ₃)	18,78
Titanium Oksida (TiO ₂)	0,991
Kalium Oksida (K ₂ O)	0,651
Magnesium Oksida (MgO)	0,609
Natrium Oksida (NaO ₂)	0,298
Kalsium Oksida (CaO)	0,0868
Besi Oksida (Fe ₂ O ₃)	1,57

2.2.1 Sifat-Sifat *Clay*

Clay memiliki sifat fisik dan kimia yang sangat penting, hal ini karena tergantung pada kehalusan dan kandungan lapisan airnya antara lain sebagai berikut:

- a. Plastisitas, sebagai bahan pengikat dalam proses pembentukan sehingga keramik yang akan dibentuk tidak mengalami keretakan dan perubahan bentuk. Kandungan plastisitas *clay* berbeda-beda hal ini dikarenakan oleh ketergantungan kehalusan dan kandungan lapisan airnya.
- b. Daya Suspensi, adalah sifat yang memungkinkan suatu zat untuk mempertahankan keadaan cairnya. Flokulan adalah zat yang menyebabkan partikel tanah liat menggumpal menjadi partikel yang lebih besar dan mengendap dengan cepat.
- c. Warna Bakar, *Clay* dipengaruhi oleh zat/bahan kimia yang terikat pada inklusi tanah. Warna tanah liat adalah karena kotoran, abu-abu menjadi hitam karena arang dan sisa-sisa tanaman, dan merah karena oksida besi.
- d. Penyusutan, *Clay* mengalami dua jenis penyusutan ialah susut kering dan susut bakar. Penyusutan biasanya terjadi karena penguapan air atau air mekanis yang terbentuk dengan air film permukaan, menyebabkan partikel tanah liat menjadi padat. Susut pembakaran adalah jumlah susut total dari awal pembentukan lempung hingga pengeringan dan pembakaran. Penyusutan untuk jenis tanah liat ini harus 10-15%.
- e. Kemampuan Bentuk, *Clay* digunakan untuk berbagai keperluan termasuk membuat keramik, batu bata dan ubin. Tanah liat memiliki sifat dapat berubah bentuk, yang memungkinkannya berdiri tanpa berubah bentuk selama pencetakan dan pembentukan.

2.2.2 Jenis-Jenis *Clay*

Berdasarkan letak terdepositnya jenis-jenis *clay* dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

2.2.2.1 *Clay primer*

Clay primer adalah tanah yang dibentuk oleh pelapukan feldspar oleh batuan non-migrasi endogen dari batuan induk. Jenis tanah ini adalah tanah yang tidak dapat bergerak, dan tanah jenis ini merupakan jenis bumi yang memiliki

sifat murni. Proses pembentukan *clay* primer dibantu oleh beberapa faktor, antara lain tenaga air dan tenaga uap panas yang berasal dari dalam bumi.

Proses pembentukan *clay* primer dibantu oleh beberapa komponen, antara lain tenaga air dan tenaga uap panas yang terpancar dari perut bumi. *Clay* ini memiliki beberapa karakteristik seperti:

- i. Mempunyai warna putih yang kusam
- ii. Mempunyai butir yang kasar
- iii. Memiliki sifat yang tidak plastisitas
- iv. Memiliki daya susut yang kecil
- v. Memiliki sifat tahan api

2.2.2.2 Clay Sekunder

Clay sekunder adalah lempung yang terbentuk oleh pelapukan batuan feldfiek yang jauh dari batuan induknya. Pelapukan ini disebabkan oleh gaya ekstrinsik yang menyebabkan partikel-partikel tanah terpisah dan mengendap di dataran rendah. Jenis tanah liat ini memiliki sifat sebagai berikut:

- i. Memiliki warna yang muda
- ii. Memiliki sifat cenderung berbutir halus
- iii. Memiliki sifat plastis
- iv. Memiliki sifat kurang murni
- v. Memiliki daya susut yang tinggi
- vi. Memiliki sifat tahan api yang rendah

Adapun beberapa jenis *clay* sekunder adalah:

- i. *Balls-clays*, memiliki warna yang putih atau kebiruan apabila belum dibakar, setelah dibakar akan berubah menjadi warna kelabu atau putih kusam. Memiliki bebas unsur besi, bersifat plastis dibandingkan kaolin, dan memiliki daya kerut yang tinggi ($> 20\%$).
- ii. *Red-clays (earthenware-clays, canes)* memiliki warna kuning sampai merah tua apabila dibakar, mengandung banyak oksida besi, memiliki komposisi yang sangat berbeda-beda, bersifat plastis, memiliki titik leleh rendah dan memiliki titik matang sampai 1000-1200 °C.
- iii. *Sandy-clays* merupakan tanah liat berpasir silika yang memiliki aplastis, komposisi sangat berbeda-beda. *Clay* berpasir (silika) atau tanah liat pasir silika

memiliki sifat regenerasi yang buruk karena kandungan pasirnya yang sangat tinggi, komposisi yang sangat bervariasi dan biasanya ditemukan di pertemuan sungai.

- iv. *Celcerous-clay (siliceous-clay)* memiliki mineral yang berfungsi sebagai *fluxes*, memiliki titik matang yang sangat bergantung pada jenis kandungan mineral dan memiliki kandungan mineral yang dominan adalah pasir kapur (*lime*) (Rangkuti dkk., 2008).

Pemanfaatan *Clay* dalam kehidupan sehari-hari dapat dilihat sebagai berikut:

- i. *Clay* dapat digunakan sebagai genteng
- ii. *Clay* dapat digunakan sebagai masker
- iii. *Clay* dapat digunakan sebagai bahan untuk pembuatan wadah
- iv. *Clay* dapat dibuat sebagai bahan utama untuk kerajinan
- v. *Clay* dapat digunakan sebagai bahan pembuatan batu bata, keramik dan lain lain.

Pemanfaatan *Clay* bagi manusia dituntut untuk mempelajari sesuatu agar dapat dimanfaatkan untuk kemaslahatan umat. Ayat yang berkaitan dengan *Clay* QS Al-Qasas Ayat 38:

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUKSES BERSAMA-SAMA

وَقَالَ فِرْعَوْنُ يَا أَيُّهَا الْمَلَأُ مَا عَلِمْتُ لَكُمْ مِنْ إِلَهٍ غَيْرِي فَأَوْقِدْ لِي
يَهْمَنُ عَلَى الطِّينِ فَاجْعَلْ لِي صَرْحًا لَعَلِّي أَطَّلِعُ إِلَى إِلَهِ مُوسَى
وَإِنِّي لَأَظُنُّهُ مِنَ الْكَاذِبِينَ

Artinya: Dan Firaun berkata: “Wahai penguasa umatku! Aku tidak tahu ada Tuhan untukmu selain aku. Bakarlah tanah liat untukku, hai Haman, untuk membuat batu bata, dan bangunkan aku sebuah gedung yang tinggi agar aku dapat bangkit dan melihat Tuhan Musa, dan aku yakin bahwa dia adalah pendusta” (QS Al-Qasas, ayat 38).

Menurut tafsir M. Quraysh-shihab Al-Mishba (2002: 349-351), ayat di atas: dan dia berkata kepada Firaun, memuji mereka yang mendengar ini: “Wahai penguasa orang Mesir, aku tidak tahu kalian semua satu Tuhan selain aku. Cari tahu kebenaran atau kebohongan Musa yang mengklaim bahwa ada Tuhan yang menopang alam semesta dan kemudian membakarnya menjadi tanah liat sebagai bahan bangunan. Ini adalah langkah bertahap dalam persiapan bangunan, dan

sebagian besar bahannya adalah batu bata, yang dibuat dengan membakar tanah liat. Oleh karena itu, perintah untuk membakar tanah liat berarti perintah untuk segera turun tangan untuk mempersiapkan semua pesanan untuk konstruksi.

2.3 Keramik

Kata keramik berasal dari kata Yunani “keramos”, yang berarti kuali tanah liat. Bahan keramik mengacu pada bahan umum yang diproduksi dengan pembakaran suhu tinggi menggunakan tanah sebagai bahan baku utama. Dengan kata lain, keramik adalah kerajinan buatan manusia yang menggunakan tanah liat sebagai komponen utama dalam proses pembakarannya (Mirna, 2017).

Keramik merupakan salah satu produk yang banyak digunakan pada barang-barang rumah tangga, mesin industri, peralatan elektronik, filter, dan dapat diaplikasikan di bidang teknologi ruang angkasa. Keramik kuno umumnya terbuat dari bahan baku alami. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan kemampuan untuk mengontrol komposisi kimia dan struktur mikro. Bahan keramik dibuat dengan cara granulasi bahan baku, pencampuran, pengeringan, pembakaran, dan sintering.

Keramik didefinisikan sebagai "bahan berkekuatan tinggi" dalam arti luas dan umum, termasuk semen, batu pecah, besi (logam), dan lain-lain. Oleh karena itu, keramik memiliki berbagai nama, seperti gerabah, tembikar, mayones, enamel, keramik putih, terakota, porselen, periuk, gerabah, barang pecah belah, fireware, keramik logam (*metal ceramics*), kaca, Semen api, keramik halus, kaca, silikon, dan lain-lain (Yustiana, 2018).



Gambar 2.4 Contoh Keramik

Pemahaman tentang keramik juga dapat dilihat dari bentuk visual (*visual form*), bahan (fisika kimia) dan teknologi (teknik kimia, teknik fisika, teknik kimia, dan lain-lain), serta fungsi praktis dan konsep artistik yang meningkat. Dari segi ilmiah dan teknis, keramik dapat dimasukkan dalam bidang rekayasa silika (teknik kimia) karena orientasi dan sifat-sifatnya. Itu juga dapat diklasifikasikan dalam bidang fisika teknis. Hal ini dapat dilihat dari segi fisik dan dari metode pemanasan atau pembakaran (Utomo, 2010).

Keramik biasanya diproduksi pada suhu tinggi menjadi keras, kuat dan stabil pada suhu tinggi. Namun, keramik juga memiliki sifat rapuh dan rapuh. Keramik memiliki sifat yang membuatnya cocok untuk berbagai aplikasi, yaitu:

1. Tahan terhadap korosi
2. Keras dan kuat
3. Bersifat isolator, semikonduktor, konduktor bahkan dapat bersifat super konduktor
4. Bersifat magnetik dan non magnetik
5. Konduktivitas panas yang rendah
6. Getas atau rapuh
7. Kapasitas panas yang baik

Polimer alam adalah polimer yang terbentuk dari reaksi kondensasi yang terjadi secara alami. Polimer alam didapatkan dari bahan alam seperti kayu, kapas, karet alam, rambut, dan kulit hewan. Sebagian besar polimer alami dibentuk oleh reaksi kondensasi. Akan tetapi, terdapat juga yang dihasilkan dengan cara polimerisasi yaitu poliisoprena/karet alam. Sifat-sifat polimer alam adalah daya serap air yang tinggi, stabilitas rendah, tidak stabil ketika dipanaskan, dan sulit dibentuk.

Sebagai contoh lain, sutera dan wol adalah senyawa protein yang dimakan bakteri, sebagai akibatnya wol dan sutera terdegradasi dengan cepat. Secara umum, polimer alam bersifat hidrofilik seperti air, sulit larut, dan sulit dibentuk.

2.3.1 Jenis-Jenis Keramik

Keramik adalah perpaduan logam yang diikat secara ionik dan kovalen. Berdasarkan fungsinya keramik dapat dibedakan menjadi tiga yaitu:

2.3.1.1 Keramik Tradisional

Keramik tradisional adalah keramik yang banyak digunakan sebagai produk pedesaan. Keramik ini juga terbuat dari bahan alami seperti bahan tahan api, kaca, porselen dan bahan bangunan seperti beton, lantai, dan lain-lain.

2.3.1.2 Keramik Modern

Keramik ini digunakan untuk teknologi canggih dan alat-alat teknik. Keramik ini memiliki sifat listrik, mekanik dan termal yang sangat baik. Aplikasi keramik modern mencakup elemen pemanas, semikonduktor, turbin, dan perangkat medis (Exuadi, 2017).

2.3.1.3 Keramik Berpori

Keramik berpori adalah keramik dengan distribusi ukuran pori tertentu dan porositas yang relatif tinggi. Keramik berpori banyak digunakan untuk tujuan ini, isolasi termal, dan sebagai bahan bangunan. Keramik berpori adalah keramik dengan pori-pori kecil (porinya ~30-70%) sehingga cairannya dapat di isi dengan membran keramik tahan korosi, memiliki keunggulan tahan korosi, tahan suhu tinggi dan tahan polusi dari bahan lain (Mahfuzin, 2020).

Keramik berpori berbasis *clay* adalah salah satu bahan keramik yang paling umum digunakan, seperti isolator, katalis dan filter. Teknologi pembuatan keramik berpori juga berbeda seperti menambahkan bahan kimia, polimer, dan bahan organik sebagai bahan pembentuk pori (Ridayanti, 2017).

Keramik Berpori dapat digunakan sebagai bahan bangunan keramik yang dapat digunakan sebagai penyerap panas karena memiliki pori-pori yang tersedia untuk sirkulasi udara. Selain itu, keramik berpori juga dapat digunakan sebagai filter, penggunaan keramik berpori sebagai filter di karenakan titik lebur dari keramik berpori sangat bagus dan sangat tinggi sebesar 2040 °C, keramik berpori tidak mudah terkontaminasi dengan suatu unsur yang lainnya, hal ini di karenakan keramik berpori memiliki sifat yang lebih unggul dari plastik, resin dan logam yang dapat digunakan pada lingkungan yang sangat jorok. Keramik ini diharapkan dapat digunakan sebagai aplikasi sebagai daur ulang air limbah (menyaring zat-zat berbahaya dari air limbah, dan lain-lain). Ukuran keramik berpori sangat berpengaruh untuk keluar dan masuknya suatu partikel yang akan difilter (Khairunnisa, 2018).

Berdasarkan jumlah pori, keramik berpori diklasifikasikan menjadi dua bagian utama yaitu:

1. Keramik mikropori : merupakan keramik yg memiliki nilai porositas <50%.
2. Keramik makropori : merupakan keramik yg memiliki nilai porositas >50.

Berdasarkan berukuran porinya, keramik berpori dibagi atas dua bagian utama yaitu sebagai berikut:

1. *Microporous ceramic* yaitu keramik menggunakan berukuran pori <2nm.
2. *Mesoporous ceramic* yaitu keramik menggunakan berukuran pori antara 2nm & 50nm.
3. *Macroporous ceramic* yaitu keramik menggunakan berukuran pori >50nm.

Hasil pengukuran dari keramik cordierite berpori menunjukkan densitas berada pada rentang 0.75-1.17 g/cm³, porositas 58%, kekuatan patah 05-2 MPa, kekerasan (HV) 03-1, 8 Gpa.

Salah satu sifat terpenting dari keramik berpori adalah porositas. Keramik berpori memiliki rongga-rongga kecil yang dapat menyerap cairan, terutama udara dan air. Keramik yang digunakan sebagai membran memiliki pori-pori dari 1 μ m hingga hampir 1 mm. Kisaran ukuran ini termasuk dalam kategori pori fase cair atau pori spesial (juga disebut pori makro).

Berbagai teknik telah digunakan untuk memproduksi keramik mikropori, beberapa di antaranya melibatkan pengeringan suhu rendah. Itu juga bisa dipecah untuk menghilangkan bahan organik dan mengeringkannya dari pori-pori. Proses pencetakan adalah *slip casting* atau pengepresan kering. Dua potongan keramik dapat memiliki komposisi yang sama, tetapi jika satu berpori dan yang lainnya tidak berpori, mereka tidak akan memiliki kerapatan yang sama. Keramik berpori diperoleh dengan mencampur bahan organik seperti produk semen, produk beton, turunan keramik atau dengan menggunakan campuran aditif dengan bubuk keramik. Setelah pembentukan dan pembakaran, diperoleh hasil keramik berpori yang sesuai (Arianty, 2021).

Berdasarkan SNI 8640:2018 tentang standar mutu bata ringan pasangan dinding terdapat acuan persyaratan untuk hasil pengujian keramik berpori yaitu pada penyerapan air sebesar maksimal 25% dan pada kuat tekan sebesar minimal 4% yang dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.4 Spesifikasi Bata Ringan Untuk Pasangan Dinding

No.	Parameter uji	Parameter pengukuran uji	Nilai
1	Penyerapan air	SNI 8640:2018	Maks 25
2	Kuat tekan	SNI 8640:2018	Min 4

2.4 Karakterisasi Pengujian Keramik Berpori

Berikut ini karakterisasi pengujian keramik berpori yang akan dilakukan yaitu:

2.4.1 Penyerapan Air

Penyerapan air adalah proses di mana partikel terakumulasi dalam struktur dari sampel yang merupakan bagian dari sampel keseluruhan. Penyerapan air sebanding dengan porositas, semakin tinggi porositas, semakin tinggi penyerapan air sampel. Untuk menghitung nilai penyerapan air dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Penyerapan air} = \frac{M_b - M_k}{M_k} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

M_b = massa sampel sebelum perendaman (g)

M_k = massa suatu sampel setelah direndam dalam air (g)

2.4.2 Porositas

Porositas adalah satuan yang menyatakan keporian materil dan dihitung menggunakan persen (%). Porositas juga didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori-pori terhadap volume total sampel. Untuk menghitung besar nilai porositas dapat menggunakan rumus:

$$\text{Porositas} = \frac{(m_b - m_k)}{(\rho_{\text{air}} \times V_t)} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

M_b = massa basah (g)

M_k = massa kering (g)

ρ = massa jenis (g/cm^3)

V_t = volume total sampel (cm^3)

Porositas dapat disesuaikan dengan menambahkan aditif atau bahan lain yang menghasilkan gas ketika dibakar untuk membuat rongga yang disebut

stomata atau pori. Semakin tinggi porositas suatu material maka semakin rendah kekuatan mekaniknya (Mahdalena, 2019).

2.4.3 Kuat Tekan

Kuat tekan ialah kemampuan material dalam menahan beban atau gaya mekanis sampai terjadi kegagalan. Untuk menghitung besar nilai kuat tekan dapat dengan rumus:

$$\text{Kuat tekan } (P) = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

P = Kuat Tekan/*Compressive strength* (kgf/cm²)

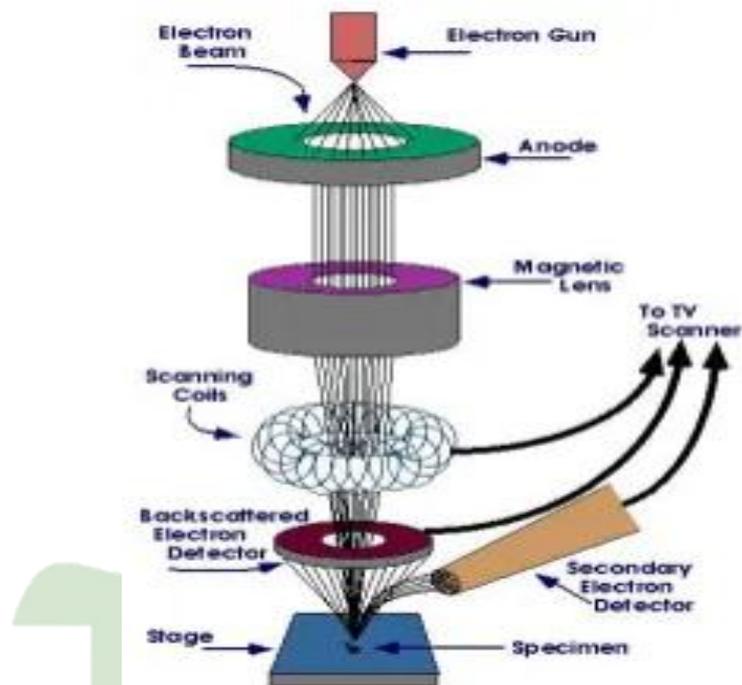
F = Beban tekan maksimum (kgf)

A = luas bidang permukaan (cm²)

2.4.4 SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah mikroskop elektron untuk mengamati objek. SEM digunakan untuk pengamatan permukaan struktur. SEM beroperasi pada tegangan antara 2 dan 50 kV, dengan diameter elektron antara 5 nm dan 2 m (Setianingsih., 2018). SEM juga disebut perangkat yang menggunakan elektron sebagai sumber gambar. Berkas di dalam SEM dipantulkan dan difraksi, dan elektron yang terdifraksi dapat diamati dalam pola difraksi yang bergantung pada bentuk dan ukuran sel satuan sampel (Khairunnisa, 2018).

Prinsip pengoperasian SEM adalah bahwa berkas yang dipancarkan oleh elektron gun dikumpulkan oleh lensa kondensor dan difokuskan sebagai titik yang berbeda pada lensa objektif. Kumparan deteksi menyediakan medan magnet yang dapat diterapkan pada berkas elektron. Sinar memberikan energi yang dapat menghasilkan elektron sekunder dan dikumpulkan pada detektor sekunder. Gambar yang dihasilkan terdiri dari ribuan titik intensitas permukaan tabung sinar katoda (CRT) yang digunakan untuk topografi gambar. Sistem berkas elektron memfokuskan sampel, memperbesar gambar dengan lensa, dan menampilkannya di layar (Hastuti, 2017).



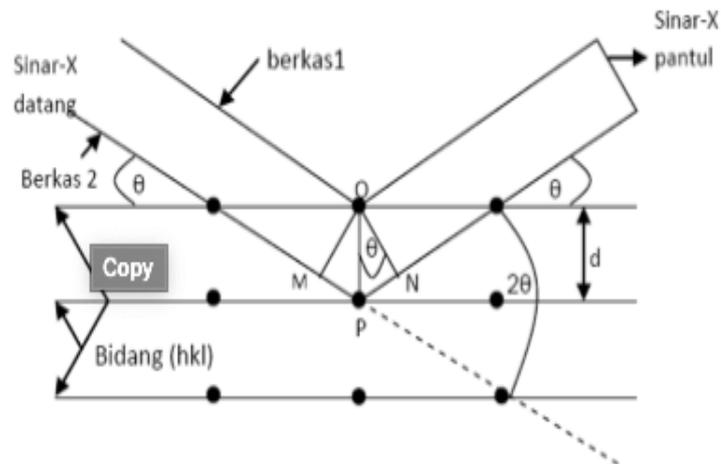
Gambar 2.5 Prinsip Kerja SEM

Pengujian ini menggunakan SEM untuk menentukan struktur mikro material, termasuk informasi kristalografi tentang tekstur, morfologi, komposisi, dan permukaan butir pada suatu partikel.

2.4.5 XRD (*X-Ray Diffraction*)

XRD atau *X-Ray Diffraction* adalah alat yang digunakan untuk menganalisis sistem kristal dari bahan yang diuji. XRD dapat memberikan informasi seperti tipe struktur, parameter kisi, dan berbagai susunan atom dalam kristal. Prinsip operasi Difraksi sinar-X adalah ukuran hamburan sinar-X kristal dengan struktur kristal tertentu. Sinar-X keluar dari dalam tabung katoda. Tabung katoda dibuat dengan memanaskan katoda dari kawat dengan kandungan tungsten tinggi. Elektron kemudian menjadi anoda, menjadi sinar-x dan memanaskan.

Sinar-X yang diarahkan pada sampel menyebabkan interaksi antara berkas dan sampel, menghasilkan interferensi destruktif dan konstruktif. Interferensi konstruktif terjadi ketika hukum Bragg berlaku, dan hukum ini berlaku untuk fase kristal dengan kisi kristal. Oleh karena itu, XRD hanya dapat digunakan untuk mengidentifikasi fase kristal.



Gambar 2.6 Prinsip Kerja XRD

Karakterisasi menggunakan metode XRD memiliki keunggulan sebagai berikut:

- f. Identifikasi fase kristal yang terkandung dalam sampel.
- g. Penentuan kuantitatif kandungan fraksi berat fase kristal dalam bahan multi fase.
- h. Karakterisasi transisi fase solid-state.
- i. Menentukan parameter kisi dan tipe kisi.

Pada saat yang sama, keterbatasan metode XRD meliputi:

- a. Hanya dapat digunakan untuk bahan dengan fase kristal.
- b. Sampel harus dalam bentuk bubuk padat.

Tujuan dari kristalografi adalah untuk menemukan fase yang terbentuk selama proses pola uji. XRD merupakan alat yang dapat memberikan data difraksi untuk material dan besarnya intensitas difraksi pada sudut difraksi 2θ (Exuadi, 2017).

2.5 Penelitian yang Relevan

Berdasarkan penelitian yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Kulit Kakao sebagai Briket Arang sebagai Bahan Bakar cara lain menggunakan Penambahan Pulp butir Merah” dalam Jurnal Rekayasa Proses Syarifhidayatullah dkk (2019), tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan briket arang berbahan limbah cangkang dan uji karakterisasi dengan penambahan pulp merah. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini digunakan untuk menguji kadar air menurut prosedur yang digariskan pada *American Society for Testing and Materials*

(ASTM D-3173), Ash (ASTM D-3174), dan Volatile (ISO 562) dan nilai kalor ASTM D-5865). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa proses pirolisis briket arang pulp merah pada cangkang kakao bisa meningkatkan nilai kalor. Campuran briket terbaik diperoleh menggunakan komposisi campuran (30%:0%) dengan kadar air lima,63-6,63%, kadar volatil 18,23-24,10% serta kadar abu 7,02-14%. Briket sebagai bahan bakar alternatif dengan penambahan pulp merah memenuhi persyaratan SNI 01-6235-2000.

Berdasarkan penelitian Fynnisa Z (2020), dengan judul jurnal “Pengaruh Penambahan Kulit Kakao Terhadap Sifat Fisik Keramik Berpori”, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengatasi permasalahan lingkungan dan menggali nilai ekonomis dari kulit kakao menjadi keramik berpori sebagai bahan meningkatkan keramik. Parameter uji yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji porositas dan uji SEM. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa hasil uji porositas dan SEM menunjukkan bahwa keramik berpori menggunakan variasi 70% clay + 30% kulit coklat menunjukkan porositas terbaik sebesar 55,60% dan berukuran pori terkecil sebesar 3,37 μm . Hal ini karena suhu 600 $^{\circ}\text{C}$ mengaktifkan keramik berpori, mengubah kulit coklat menjadi abu, dan meninggalkan pori-pori.

Berdasarkan penelitian Afifah dan Mora (2019) yang berjudul “Pengaruh Variasi Komposisi dan waktu Milling Terhadap Sifat Fisik dan kuat Tekan Tanah Liat” di fisika Unand. Parameter uji yang dilakukan pada penelitian ini digunakan untuk menentukan uji densitas, porositas, uji fisik meliputi loss on burning, uji sifat mekanik meliputi uji kuat tekan dan uji XRD (*X-ray diffraction*), dan uji partikel yaitu SEM (*Scanning Electron Mikroskope*) berfungsi untuk ukuran pada sampel serbuk. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, perubahan komposisi massa yang paling baik adalah pada campuran 60% tanah liat tidak pada milling dengan 40% tanah liat milling selama 5 jam, yang memiliki nilai kuat tekan tertinggi sebanyak 584,03 kg/cm^2 , susut bakar terendah 17,30% dan densitas tertinggi 1,853 g/cm^3 . hasil SEM menunjukkan bahwa ukuran partikel tanah liat yang tidak dimiling adalah 12,083 μm , setelah di milling 5 jam menjadi 9,005 μm dan setelah di milling 10 jam menjadi 18,9 μm .

2.6 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini yaitu, terdapat pengaruh pencampuran serbuk kulit kakao (*Theobroma cacao* L.) dan *clay* terhadap karakteristik keramik berpori.

