

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah dilakukan dengan menggunakan metode ekperimental dengan menggunakan pendekatan secara kuantitatif. Sampel yang digunakan yaitu serbuk kulit kakao dan *clay*. Adapun karakterisasi pengujian yang dilakukan meliputi pengukuran sifat fisis (penyerapan air dan porositas), pengukuran sifat mekanik (kuat tekan), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan *X-Ray Diffractometer* (XRD).

4.1 Karakteristik Sifat Fisis dan Sifat Mekanik

4.1.1 Penyerapan Air

Pengukuran penyerapan air keramik berpori diukur dengan mengukur massa kering dan volume sampel setelah sintering, dan massa basah sampel dikeluarkan dari rendam setelah perendaman selama 24 jam dan diukur menurut rumus (2.1). Seperti terlihat pada Tabel 4.1 hasil pengukuran sampel keramik berpori.

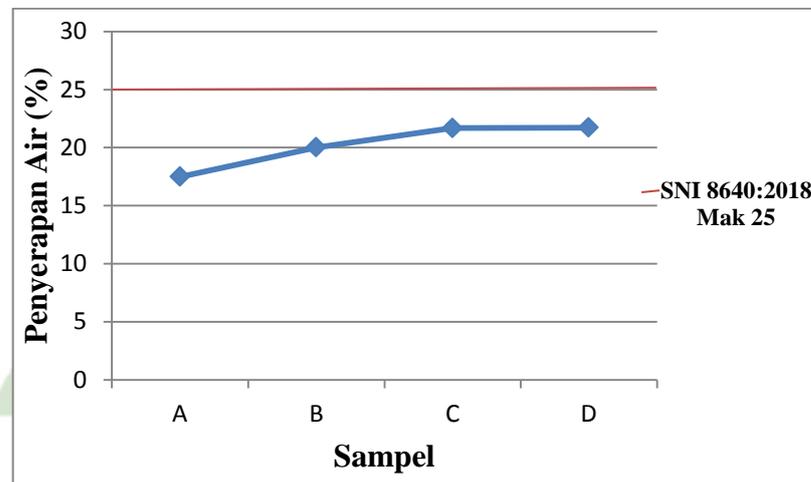
Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran Penyerapan Air Keramik Berpori

Sampel	Kode Sampel	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Rata-rata (%)	SNI 8640:2018 (%)
A	A1	17,39	17,49	Maks 25
	A2	18,18		
	A3	16,89		
B	B1	18,02	20,02	
	B2	21,65		
	B3	20,38		
C	C1	20,38	21,69	
	C2	23,46		
	C3	21,24		
D	D1	18,73	21,73	
	D2	24,28		
	D3	22,20		

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa penyerapan air keramik berpori sampel A sebesar 17,49%, sampel B sebesar 20,02%, sampel C sebesar 21,69% dan sampel

D sebesar 21,73% yang sudah sesuai standar ditetapkan SNI 8640:2018 sebesar maksimal 25%.

Berikut grafik pengukuran penyerapan air keramik berpori yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Hasil Pengukuran Penyerapan Air Keramik Berpori

Dari Gambar 4.1 di atas, terlihat bahwa untuk sampel A sampai D, penambahan serbuk kulit kakao meningkatkan nilai penyerapan air. Semakin banyak campuran serbuk kulit kakao dan *clay* pada keramik berpori, semakin tinggi nilai penyerapan airnya. Jika serbuk kulit kakao memiliki penyerapan air yang sangat tinggi, maka akan terbentuk rongga-rongga pada keramik berpori. Banyaknya rongga ini menyebabkan penggumpalan karena air mengisi rongga pori pada keramik berpori.

Hal ini sesuai dengan penelitian Sulistiyani dkk (2019) menemukan bahwa semakin banyak aditif yang terkandung dalam film, semakin rendah densitasnya. Semakin rendah densitasnya, semakin besar pori-porinya dan semakin besar pula penyerapan airnya.

4.1.2 Porositas

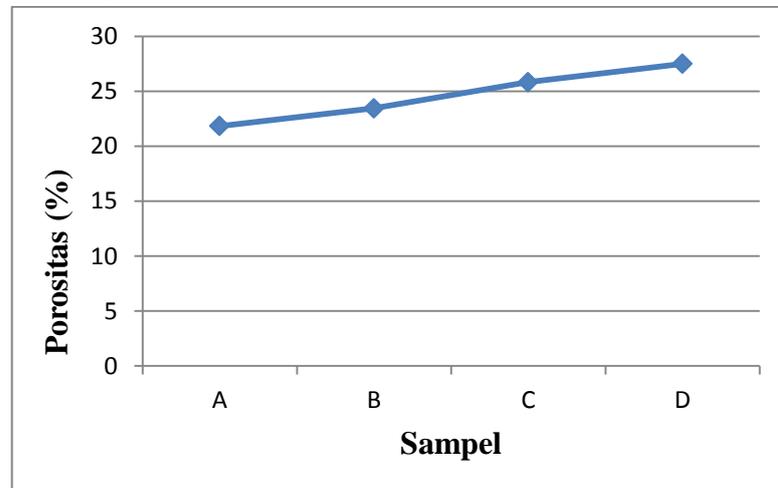
Pengukuran porositas keramik berpori diukur dengan mengukur volume dan massa sampel sebelum dan sesudah pembakaran, serta massa sampel setelah perendaman selama 24 jam untuk mendapatkan porositas sampel. Jauh dari perendaman, diukur dengan persamaan (2.2). Hasil setelah pengukuran dan perhitungan ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran Porositas Keramik Berpori

Sampel	Kode Sampel	Porositas (%)	Porositas Rata-Rata (%)
A	A1	20,18	21,83
	A2	22,55	
	A3	22,77	
B	B1	23,17	23,45
	B2	23,55	
	B3	23,62	
C	C1	26,77	25,82
	C2	22,16	
	C3	28,51	
D	D1	28,55	27,50
	D2	27,04	
	D3	26,92	

Dari Tabel 4.2 menunjukkan bahwa porositas pada keramik berpori yang dihasilkan dari sampel A sebesar 21,83%, sampel B sebesar 23,45%, sampel C sebesar 25,82%, dan sampel D sebesar 27,50%.

Berikut grafik pengukuran porositas keramik berpori yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengukuran Porositas Keramik Berpori

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa porositas keramik berpori meningkat dengan penambahan bubuk cangkang kakao. Hal ini dikarenakan semakin banyak serbuk kulit kakao yang dikandung keramik berpori, semakin banyak bahan organik yang terbakar, meninggalkan pori-pori pada keramik berpori dan meningkatkan porositas keramik itu sendiri.

Hal ini sesuai dengan karya Ridayanti (2017), di mana nilai porositas meningkat dengan meningkatnya persentase komposisi sampel. Keramik yang dibakar pada suhu 900 °C memiliki sifat yang relatif berpori karena adanya rongga yang tertinggal selama proses pembakaran (Callister, 2017).

4.1.3 Kuat Tekan

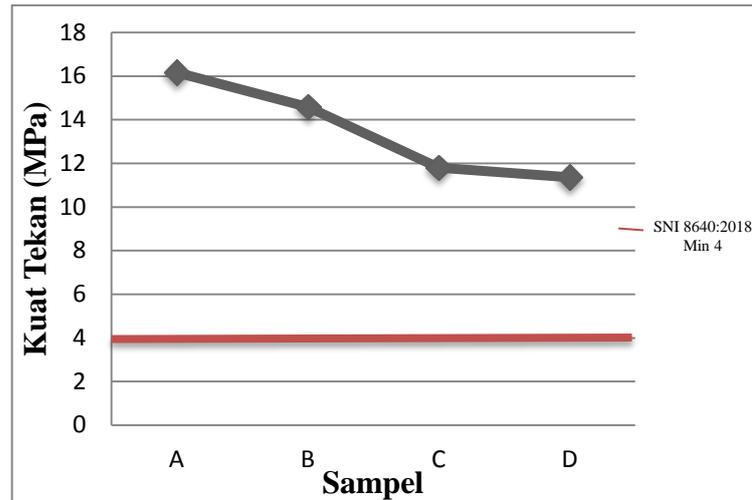
Pengukuran kuat tekan keramik berpori diukur dengan menentukan kuat tekan maksimum yang dapat ditahan oleh keramik berpori dan luas permukaannya menggunakan persamaan (2.3). Parameter pengukuran kuat tekan diukur menggunakan UTM (*Universal Testing Machine*). Hasil pengukuran keramik berpori ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran Kuat Tekan Keramik Berpori

Sampel	Kode Sampel	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	SNI 8640:2018 (MPa)
A	A1	17,33	16,16	Min 4
	A2	15,88		
	A3	15,29		
B	B1	14,92	14,58	
	B2	13,88		
	B3	14,95		
C	C1	10,80	11,80	
	C2	10,25		
	C3	14,36		
D	D1	10,24	11,36	
	D2	10,10		
	D3	13,75		

Tabel 4.3 di atas menunjukkan bahwa nilai kuat tekan pada keramik berpori pada sampel A sebesar 16,16 MPa, sampel B sebesar 14,56 MPa, sampel C sebesar 11,80 MPa, dan sampel D sebesar 11,36 MPa. Ini membuktikan bahwa nilai kuat tekan pada keramik berpori sudah memenuhi standar yang telah ditetapkan SNI 8640:2018 sebesar Minimal 4 MPa.

Berikut adalah grafik pengukuran nilai kuat tekan yang dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengukuran Kuat Tekan Keramik Berpori

Gambar 4.3 di atas menunjukkan bahwa nilai uji kuat tekan pada keramik berpori mengalami penurunan. Hal disebabkan karena adanya pengaruh hubungan porositas dengan kuat tekan grafik diatas yang menunjukkan bahwa semakin tinggi porositas, semakin rendah kuat tekan, dan sebaliknya semakin rendah porositas, semakin tinggi kuat tekan. Selain itu, selama proses pembakaran, air menguap, meningkatkan porositas dan mengurangi nilai kuat tekan.

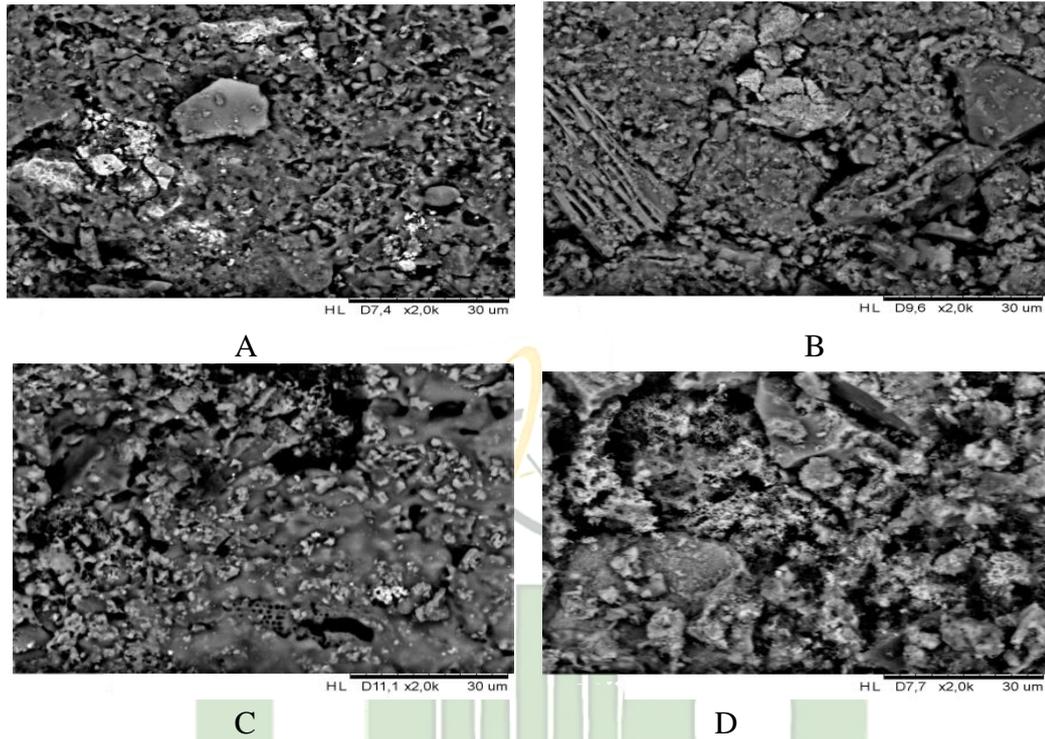
Selain itu, semakin banyaknya pori-pori menyebabkan pengurangan luas penampang spesimen. Hal inilah yang merupakan penyebab dari turunnya nilai kekuatan tekan spesimen (Guitno, 2018).

4.2 Hasil Karakterisasi SEM

Karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dilakukan untuk melihat morfologi permukaan, ukuran pori yang ada pada sampel keramik berpori.

1.2.1 Hasil Sifat Morfologi

Analisis SEM sampel keramik berpori yang mengandung serbuk kulit kakao dan tanah liat bertujuan untuk mengkonfirmasi struktur mikro sampel keramik berpori yang dihasilkan oleh sampel A, B, C, dan D. Hal ini secara umum dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



Gambar 4.4 Hasil SEM Sampel Keramik

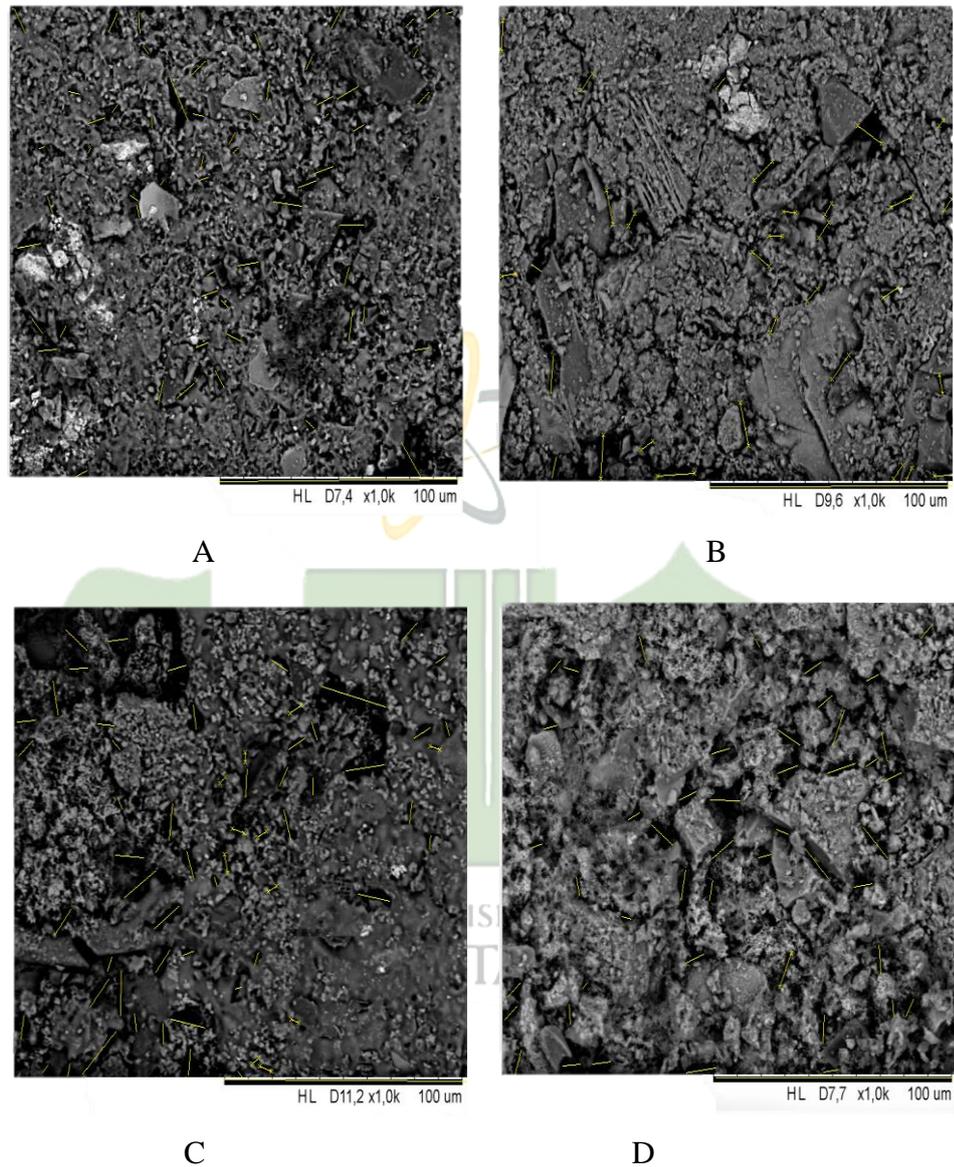
Gambar 4.4 di atas menunjukkan bahwa pada keramik berpori dengan penambahan serbuk kulit kakao menyebabkan terbentuknya pori pada keramik berpori. Perbesaran pori-pori pada keramik berpori mulai tampak pada suhu tinggi sehingga terjadi perubahan wujud menjadi gas, banyaknya pori dan ukuran pori dapat dilihat pada permukaan keramik berpori yang tidak merata dan dapat dilihat celah pori pada keramik berpori tersebut. Hal ini dikarenakan oleh pembakara serbuk kulit kakao pada keramik berpori yang habis dan meninggalkan rongga pori pada keramik berpori.

Distribusi struktur mikro pori menunjukkan adanya aglomerasi dengan adanya partikel-partikel kecil dengan ukuran butir yang tidak homogen. Penggumpalan ini muncul karena pengaruh kalsinasi pada suhu 900 °C.

Menurut penelitian Siska (2020), semakin tinggi persentase serat tambahan yang digunakan, maka semakin tinggi pula nilai porositasnya. Hal ini karena pembentukan kantong udara di lapisan matriks ketika serat tertentu ditambahkan.

1.2.2 Ukuran Pori

Diameter pada pori sampel keramik berpori dapat diketahui secara umum dengan menggunakan *software digimizer* pada sampel A,B,C, dan D dengan perbesaran 1000x yang dapat dilihat pada Gambar di bawah ini:



Gambar 4.5 Hasil pengamatan Diameter Ukuran Pori Keramik Berpori Dengan Perbesaran 1000x

Data hasil pengukuran sampel keramik berpori dapat dilihat pada Tabel 4.4 di bawah ini:

Tabel 4.4 Diameter Pori SEM pada sampel keramik berpori

Sampel	Rentang Ukuran Diameter Pori (μm)	Rata-Rata Diameter Pori (μm)	Standar Deviasi
A	0,021 – 0,151	0,0592	0,0274
B	0,022 – 0,153	0,0728	0,0313
C	0,027 – 0,267	0,0762	0,0445
D	0,022 – 0,139	0,0776	0,0271

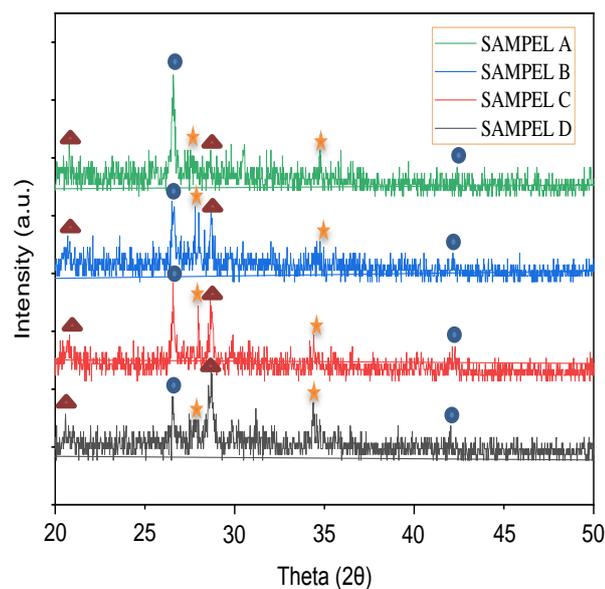
Berdasarkan Tabel 4.4 di atas ditunjukkan bahwa sampel A diperoleh sebesar $0,0021 \mu m - 0,151 \mu m$ dengan rata-rata $0,0592 \mu m$, sampel B diperoleh sebesar $0,022 \mu m - 0,153 \mu m$ dengan rata-rata $0,728 \mu m$, sampel C diperoleh sebesar $0,027 \mu m$ dengan rata-rata $0,0762 \mu m$, dan sampel D diperoleh sebesar $0,022 \mu m - 0,139 \mu m$ dengan rata-rata $0,0776 \mu m$.

Semakin banyak penambahan serbuk kulit kakao pada keramik maka sampel memiliki ukuran diameter pori yang lebih besar hal ini sesuai dengan pengujian porositasnya. Selain itu ukuran diameter pori juga menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan serbuk kulit kakao akan meningkatkan ukuran pori yang mengakibatkan nilai kuat tekan semakin menurun.

Hal ini sesuai dengan penelitian Anisah (2019) yang juga menunjukkan bahwa penambahan karbon aktif dari kulit kemiri meningkatkan ukuran pori.

1.3 X-Ray Diffraction (XRD)

Dalam penelitian ini XRD digunakan untuk mengetahui komposisi senyawa kimia yang terkandung pada sampel. Dalam analisis yang telah didapatkan dari analisis dengan menggunakan XRD digunakan *software x-powder* untuk mengetahui puncak-puncak dari sampel dan senyawa yang terkandung dalam keramik berpori. Dengan komposisi Sampel A (25%:75%), Sampel B (30%:70%), Sampel C (35%:65%), dan Sampel D (40%:60%). Pola difraksi hasil karakterisasi sampel dapat dilihat pada Gambar 4.6 dibawah ini:



Gambar 4.6 Pola Difraksi Hasil Karakterisasi Sampel

Dari Gambar 4.6 di atas dapat dilihat bahwa pada sampel A, B, C, dan D terdapat beberapa puncak yang mendominasi atau puncak tertinggi yang terdiri dari senyawa *Aluminium Silicate*, *Magnesium Aluminium Silicate*, dan *Silicate Hydrate*. Senyawa pada sampel A, B, C, D dapat ditandai dengan simbol lingkaran biru sebagai *Aluminium Silicate*, segitiga merah sebagai *Magnesium Aluminium Silicate*, dan bintang orange sebagai *Silicate Hydrate*.

Hasil analisis kandungan senyawa pada sampel A, B, C, dan D yang dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.5 Data Hasil Analisis Senyawa Pada Sampel A, B, C, dan D

No.	Simbol Senyawa	Nama Senyawa	2θ ($^{\circ}$)
1	Segitiga Merah	<i>Magnesium Aluminium Silicate</i>	7,001
2	Lingkaran Biru	<i>Aluminium Silicate</i>	20,040
			20,089
			20,090
			20,091
3	Bintang Orange	<i>Silicate Hydrate</i>	21,065
			21,719
			21,917
			21,075
			22,065
4	Segitiga Merah	<i>Magnesium Aluminium Silicate</i>	22,114
			22,114
			22,855
			28,041
5	Bintang Orange	<i>Silicate Hydrate</i>	28,065
			28,386
			28,979
			43,164
6	Lingkaran Biru	<i>Aluminium Silicate</i>	43,164
			43,203
			43,302

Dari hasil analisis sampel A, B, C, dan D menggunakan X-Powder dapat diketahui bahwasannya terdapat senyawa *Magnesium Aluminium Silicate* yang memiliki sudut $2\theta = 7,001^{\circ}, 7,001^{\circ}, 7,001^{\circ}, 7,001^{\circ}, 22,065^{\circ}, 22,114^{\circ}, 22,114^{\circ},$ dan $22,855^{\circ}$. *Aluminium Silicate* yang memiliki sudut $2\theta = 20,040^{\circ}, 20,089^{\circ}, 20,089^{\circ},$

20,089°, 43,164°, 43,164°, 43,203°, dan 43,302°. Silicate Hydrate yang memiliki $2\theta = 21,065^\circ, 21,729^\circ, 21,917^\circ, 21,075^\circ, 28,041^\circ, 28,065^\circ, 28,386^\circ, \text{ dan } 28,979^\circ$.

Nilai intensitas XRD dipengaruhi oleh kristalinitas material. Semakin tinggi tingkat kekuatan, semakin kristal bahan. Jika bahan memiliki struktur kristal, susunan atom akan lebih teratur dan rapi. Ini juga mempengaruhi sifat material itu sendiri. Jika susunan atom bersih, elektron dapat mengalir keluar dari bahan dengan cepat, memberikan bahan konduktivitas listrik yang baik.

Pada senyawa *Magnesium Alumunium Silicate* dan *Silicate Hydrate* menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan serbuk kakao pada keramik berpori maka akan semakin meningkat grafik yang dihasilkan pada sampel XRD. Berbanding terbalik dengan senyawa *Alumunium Silicate*, semakin banyak penambahan serbuk kulit kakao pada keramik berpori maka akan semakin menurunkan nilai pada grafik XRD.

4.3 Pembahasan Penelitian

Pembuatan keramik berpori dapat dihasilkan dari bahan pencampuran serbuk kulit kakao dan *clay* dengan menggunakan metode *die pressing*.

Hasil pengukuran penyerapan air keramik berpori adalah 17,49%-21,7% yang sudah memenuhi SNI 8640:2018 tentang spesifikasi bata ringan untuk pasangan dinding. Pengukuran penyerapan air keramik berpori mengalami kenaikan dengan bertambahnya serbuk kulit kakao. Hal ini dikarenakan semakin banyak campuran serbuk kulit kakao dan *clay* pada keramik berpori maka nilai penyerapan air akan semakin bertambah.

Hasil pengukuran porositas keramik berpori adalah 21,83%-27,50%. Pengukuran porositas keramik berpori mengalami kenaikan dengan bertambahnya penambahan serbuk kulit kakao. Hal ini dikarenakan semakin banyak bahan pencampuran serbuk kulit kakao maka akan semakin banyak bahan organik yang terbakar dan akan menyisahkan pori-pori yang dapat meningkatkan porositas keramik berpori.

Hasil pengukuran kuat tekan keramik berpori adalah 13,36 MPa-16,16 MPa yang sudah memenuhi SNI 8640:2018 tentang spesifikasi bata ringan untuk pasangan dinding. Pengukuran kuat tekan keramik berpori mengalami penurunan.

Hal ini dikarenakan porositas dan penyerapan air tinggi yang ada pada keramik berpori yang dapat menurunkan nilai kuat tekan.

Hasil Karakterisasi SEM keramik berpori ukuran pori yang terbentuk adalah $0,0592 \mu\text{m} - 0,0776 \mu\text{m}$. Distribusi mikrostruktur pori menunjukkan adanya aglomerasi dengan kehadiran partikel-partikel kecil dengan ukuran butir yang tidak homogen. Semakin banyak penambahan serbuk kulit kakao maka semakin besar ukuran pori yang terbentuk pada sampel.

Hasil Karakterisasi XRD menunjukkan Fase yang terbentuk adalah senyawa *Magnesium Alumunium Silicate*, *Alumunium Silicate*, dan *Silicate Hydrate*.

Variasi komposisi keramik berpori dengan karakterisasi optimum pada pencampuran serbuk kulit kakao dan *clay* didapatkan pada Sampel A dengan hasil kuat tekan sebesar 16,16 MPa. Hal ini dikarenakan pada sampel A kuat tekan yang dihasilkan memiliki nilai kuat tekan yang tertinggi dari sampel lainnya.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka sampel yang dihasilkan berpotensi dapat diaplikasikan sebagai keramik berpori untuk pasangan dinding bagian luar.