

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang telah dilakukan pada kali ini ialah membuat wadah yang digunakan sebagai tempat untuk pengecoran logam, dimana wadah ini seringkali disebut krusibel. Ciri khas dari krusibel ini berbentuk krus atau seperti menyerupai pot yang diameter atasnya lebih lebar sebagai masuk dan keluarnya logam hasil pengecoran logam. Pada penelitian ini berdasarkan dari penelitian sebelumnya adalah menggunakan tanah liat dengan penambahan grafit, karena kedua bahan ini mampu menahan panas dan tidak terbakar namun salah satu kelemahannya adalah mudah pecah. Maka dari itu, perlu penambahan campuran untuk memperkuat sifat mekanik dari krusibel itu sendiri yaitu dengan penambahan silika karbida [1]. Pengecoran logam itu sendiri dapat didefinisikan sebagai proses peleburan logam sampai menjadi cairan panas yang telah melalui proses pemanasan di dalam tungku pada suhu tinggi [29].

Preparasi yang dilakukan untuk membuat krusibel sederhana yaitu langkah pertama pembuatan tanah liat dengan cara tanah lempung direndam dengan air selama 3 hari sampai berupa tanah liat (clay), lalu melakukan penyaringan untuk memisahkan air dengan tanah liat dan dilakukan pengeringan selama 14 hari untuk menghilangkan kandungan air di dalam tanah liat. Langkah kedua yang dilakukan pembuatan sampel dengan melakukan beberapa variasi untuk menentukan komposisi yang terbaik, variasi komposisi pada penelitian ini yaitu dengan kode

sampel 1 70% clay + 10% SiC + 20% grafit, sampel 2 60% clay + 20% SiC + 20% grafit dan sampel 3 50% clay + 30% SiC + 20% grafit. Kemudian ditambahkan air dan melakukan pengadukan hingga homogen dengan variasi waktu pengadukan 30, 60 dan 90 menit pada setiap variasi komposisi sampel, lalu penuangan setiap variasi komposisi ke dalam cetakan kubus dan persegi panjang untuk dilakukan pengujian porositas, kuat tekan dan susut bakar. Setelah mendapatkan komposisi yang terbaik maka langkah terakhir yang dilakukan adalah pembuatan krusibel mencampurkan semua komposisi terbaik lalu dilakukan pengadukan sampai homogen dan dituangkan ke dalam cetakan, setelah itu dilepaskan secara perlahan dari cetakan kemudian melakukan pengeringan di udara terbuka selama 7 hari, lalu dilanjutkan pengeringan di dalam oven selama 24 jam untuk menghilangkan kadar air dalam sampel.

Variabel yang digunakan pada penelitian ini menggunakan 2 variabel yaitu variasi komposisi SiC 10%, 20% dan 30% dan waktu pengadukan 30, 60 dan 90 menit. Variabel komposisi SiC ini nantinya akan menjadi acuan hipotesa dalam menentukan parameter utama dalam pembuatan krusibel sederhana. Sedangkan untuk variabel waktu pengadukan diambil berdasarkan penelitian sebelumnya mengatakan bahwa lamanya waktu pengadukan akan mempengaruhi homogenisasi campuran yang dapat meningkatkan kekerasan sampel [5]. Pengujian yang akan dilakukan untuk mendapatkan dan mengetahui data hasil dari penelitian yang telah dilakukan, antara lain uji XRF untuk mengetahui kandungan unsur dari campuran *clay*, uji susut bakar untuk mengetahui penyusutan yang terjadi sebelum dan setelah pemanasan, uji porositas dilakukan untuk mengetahui

jumlah kadar pori yang terkandung pada sampel, uji tekan dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan dari sampel dan uji SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi dari sampel.

4.1 Analisis Hasil Uji X-ray Fluorescence (XRF)

Sebelum melakukan pembuatan krusibel dengan variasi komposisi penambahan SiC dan variasi waktu pengadukan akan dilakukan pengujian kandungan unsur yaitu dengan melakukan uji XRF. Uji XRF ini dilakukan dengan mengidentifikasi unsur yang terkandung pada tanah lempung yang sudah di preparasi sebelumnya. Preparasi pembuatan *clay* yaitu pertama dilakukan pengayakan pada tanah lempung dengan ayakan 120#, lalu merendam hasil ayakan selama 3 hari sampai terbentuk endapan kemudian melakukan penyaringan untuk memisahkan endapan dengan air, dilakukan penjemuran selama 14 hari dan terakhir dilakukan pengujian XRF. Berikut data hasil pengujian XRF dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Hasil Uji XRF

Komposisi	Kadar (%)
SiO ₂	56,895
Al ₂ O ₃	24,230
Fe ₂ O ₃	10,782
K ₂ O	2,824
TiO ₂	1,787
CaO	1,430

Tabel 4.1 (Lanjutan)

Komposisi	Kadar (%)
ZnO	0,122
PbO	0,131
Other	1,799

Dapat dilihat pada Tabel 4.1 merupakan data hasil pengujian XRF pada sampel *clay* yang telah dibuat. Kandungan unsur yang paling tinggi pada sampel *clay* yaitu unsur SiO₂ 56,895%, Al₂O₃ 24,230% dan Fe₂O₃ 10,782%, dari 3 unsur yang paling terbesar ini merupakan senyawa yang sangat sesuai dalam pembuatan krusibel dengan menggunakan berbahan dasar tanah lempung. Senyawa Al₂O₃, Fe₂O₃ dan SiO₂ merupakan senyawa pembentuk dalam pembuatan material keramik yang khususnya dalam pembuatan krusibel [30].

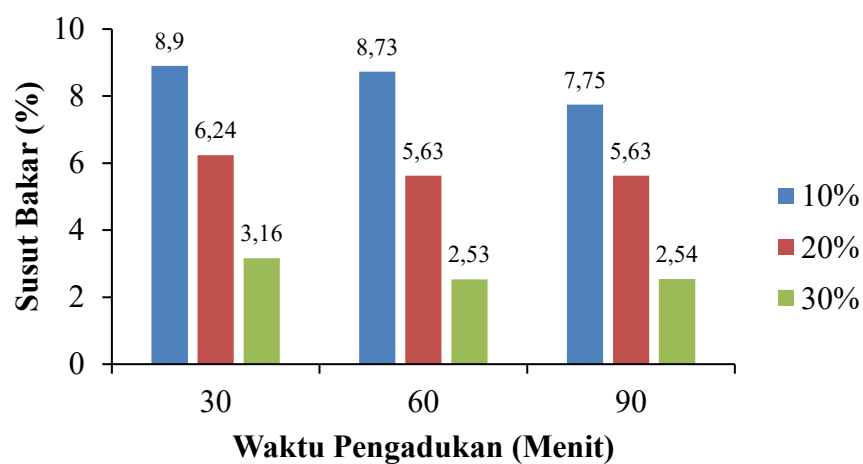
4.2 Analisis Hasil Uji Susut Bakar

Sampel krusibel dari variabel komposisi SiC setelah proses pemanasan di dalam tungku *electric furnace* pada suhu 200°C, 600°C, dan 900°C secara bertahap selama 6 jam tentu saja mengalami penyusutan ukuran dan volume [31]. Maka dari itu untuk mengetahui berapa penyusutan dari variasi penambahan SiC dilakukan pengujian susut bakar. Dapat dilihat pada Tabel 4.2 penyusutan dari sampel yang terjadi.

Tabel 4.2 Data Hasil Uji Susut Bakar

No.	Sampel	Volume Awal sampel (cm ²)	Volume Akhir sampel (cm ²)	Nilai SusutBakar sampel (%)
1	10% SiC, 30 menit	117,65	107,17	8,90
2	10% SiC, 60 menit	117,65	107,85	8,33
3	10% SiC, 90 menit	117,65	108,53	7,75
4	20% SiC, 30 menit	103,82	97,34	6,24
5	20% SiC, 60 menit	103,82	97,98	5,63
6	20% SiC, 90 menit	103,82	97,98	5,63
7	30% SiC, 30 menit	103,82	100,54	3,16
8	30% SiC, 60 menit	103,82	101,19	2,53
9	30% SiC, 90 menit	103,16	100,54	2,54

Dapat dilihat pada Tabel 4.2 menunjukkan hasil dari uji susut bakar dari setiap sampel yang di uji didapatkan pengaruh komposisi SiC dan waktu pengadukan yang di representasikan dalam bentuk grafik batang seperti pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Pengaruh Komposisi SiC dan Waktu Pengadukan Terhadap Susut Bakar

Dari Gambar 4.1 dapat diketahui bahwa pengaruh komposisi SiC terhadap susut bakar didapatkan hasil yang menurun pada komposisi SiC 10% didapatkan susut bakar sebesar 8,9%, 8,33% dan 7,75 yang ditandai dengan batang berwarna biru, kemudian pada penambahan komposisi 20% didapatkan sebesar 6,24%, 5,63% dan 5,63% yang ditandai dengan batang berwarna merah. Sedangkan pada penambahan komposisi 30% didapatkan susut bakar sebesar 3,16%, 2,53% dan 2,54%. Pada penelitian ini dilakukan pembakaran secara bertahap sampai suhu 900° C hal ini dilakukan agar air dan zat lain pada tanah lempung menguap, sehingga pada suhu 900°C terjadi perubahan kristal atau struktur mikro tanah lempung yang mulai saling berikatan dan mengisi pori-pori sehingga mengakibatkan terjadinya pengusutan. Pada penelitian kali ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 terjadi penurunan nilai susut bakar ketika SiC yang ditambahkan semakin tinggi, penurunan tersebut dipengaruhi oleh persentase tanah lempung yang digunakan sebagai bahan dasar. Semakin sedikit tanah lempung yang digunakan maka nilai susut bakarnya akan semakin menurun, karena penyusutan adalah salah satu sifat tanah lempung ketika proses sintering yang menyebabkan perubahan massa dan dimensi pada keramik [32]. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Hudan dan Hastuti menyatakan bahwa susut bakar adalah salah satu parameter yang menunjukkan telah terjadinya proses sintering sehingga mengakibatkan adanya perubahan struktur mikro [33]. Pada umumnya tanah lempung harus memiliki persentase penyusutan setelah proses pembakaran yaitu 5%-8% [34].

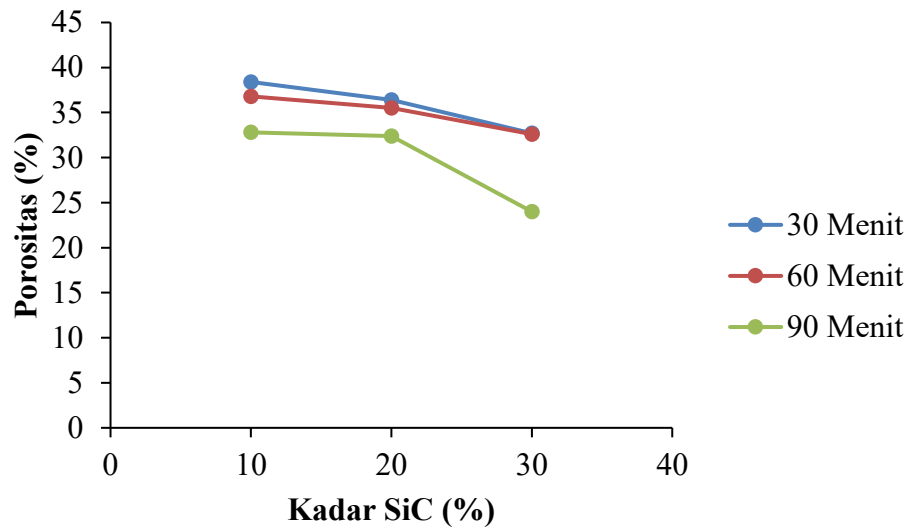
4.3 Analisis Hasil Uji Porositas

Setelah dilakukan uji susut bakar maka dilakukan uji porositas untuk mengetahui ukuran ruang kosong atau rongga dalam campuran sampel yang berbentuk pori yang dinyatakan sebagai perbandingan pori dengan volume campuran sampel. Nilai porositas menurut Alim nilai porositas ini bergantung dari ukuran material, distribusi pori dan komposisi yang digunakan [35]. Untuk mengetahui nilai yang terjadi setelah dilakukan uji porositas, maka dapat dilihat dari Tabel 4.3 ini menunjukkan hasil nilai dari pengujian porositas.

Tabel 4.3 Hasil Uji Porositas

No.	Kode sampel	Nilai Porositas sampel (%)
1	10% SiC, 30 menit	38,4
2	10% SiC, 60 menit	36,8
3	10% SiC, 90 menit	32,8
4	20% SiC, 30 menit	36,4
5	20% SiC, 60 menit	35,5
6	20% SiC, 90 menit	32,4
7	30% SiC, 30 menit	32,7
8	30% SiC, 60 menit	32,6
9	30% SiC, 90 menit	24,0

Dari hasil pengujian porositas pada Tabel 4.3 dapat disimpulkan bahwa seiring berkurangnya penambahan komposisi yang tambahkan maka nilai porositas yang dihasilkan semakin meningkat dan semakin meningkatnya durasi waktu pengadukan yaitu 30, 60, 90 menit menghasilkan nilai porositas yang menurun hal inidirefresentrasikan pada Gambar 4.2 dan 4.3

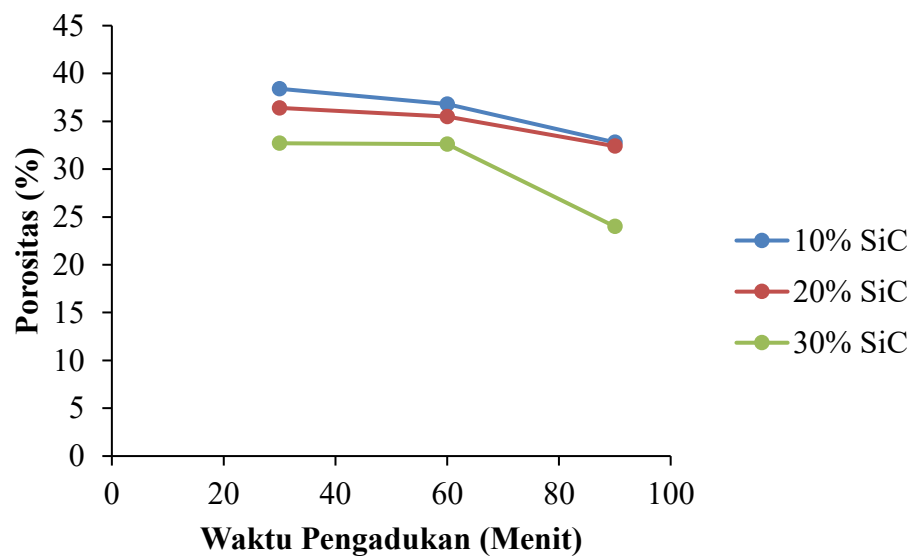


Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Komposisi Grafit terhadap Porositas

Dapat dilihat pada Gambar 4.2 menunjukkan semakin sedikit SiC yang digunakan untuk pembuatan krusibel maka nilai porositas yang dihasilkan semakin meningkat. Pada komposisi SiC 30% dengan pengadukan 90 menit didapatkan nilai porositas terendah jika dibandingkan dengan sampel yang lain sebesar 24% hal ini dikarenakan pada komposisi 30% SiC, SiC dapat mengisi ruang kosong yang ada dalam struktur krusibel sehingga porositas krusibel dapat berkurang dan SiC dapat berikatan dengan tanah lempung dan krusibel menjadi lebih padat, sedangkan pada penambahan komposisi 10% dengan waktu pengadukan 30 menit didapatkan nilai porositas tertinggi sebesar 38,4% hal ini karena pada komposisi 30% SiC belum mampu mengisi banyaknya ruang kosong pada krusibel sehingga SiC belum mampu berikatan dengan tanah lempung dan menghasilkan krusibel yang lebih lemah. Kepadatan pada SiC lebih tinggi jika dibandingkan dengan kepada tanah lempung sebagai bahan dasar, dengan

demikian penambahan SiC yang semakin meningkat dapat menurunkan porositas keramik krusibel [36].

Pada hasil pengujian porositas yang telah dilakukan juga didapatkan pengaruh waktu pengadukan terhadap porositas krusibel yang dapat disimpulkan semakin meningkat durasi waktu pengadukan maka nilai porositas semakin menurun yang dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Pengaruh Waktu Pengadukan terhadap Porositas

Pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengadukan yaitu 30, 60, 90 menit maka persen porositas yang dihasilkan semakin menurun. Bertambahnya durasi waktu pengadukan menghasilkan pencampuran yang homogen sehingga SiC dapat berdistribusi secara merata pada tanah lempung dan menyebabkan adanya penggabungan partikel-partikel yang menyebabkan material menjadi lebih padat dan memungkinkan tidak adanya ruang kosong antar partikel penyusun. Hal ini sesuai penelitian yang dilakukan oleh Rusiyanto, 2022 yang

menyatakan semakin homogen material yang dihasilkan dari proses *mixing* maka semakin sedikit jumlah porositas yang dihasilkan [37]. Penurunanporositas terjadi dengan pertambahan lama waktu pengadukan, yang memungkinkan adanya penggabungan partikel-pertikel yang meyebabkan material menjadi lebih padat dan memungkinkan tidak adanya ruang kosong antar partikel penyusun. Pada bahan refraktori porositas yang diizinkan berkisar 10-30% [38].

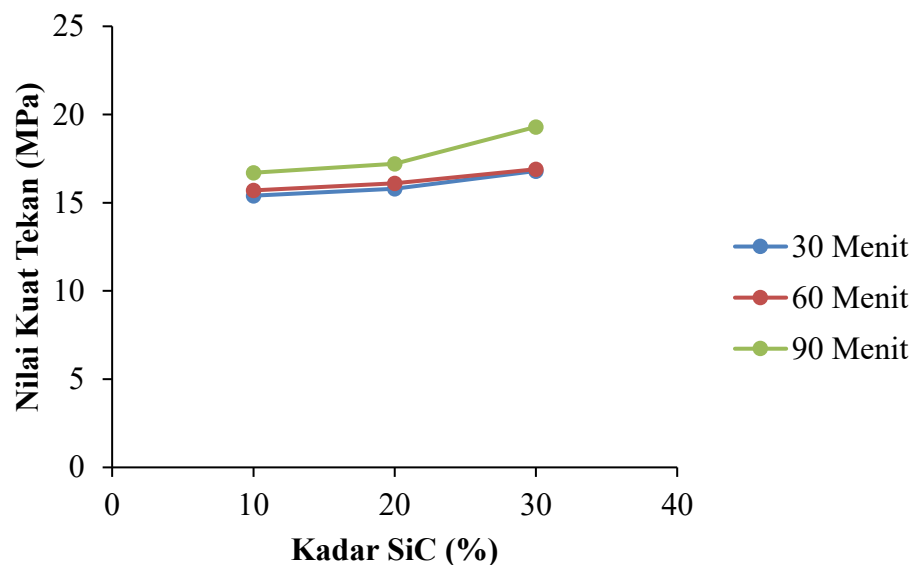
4.4 Analisis Hasil Uji Tekan

Pengujian kuat tekan adalah untuk mengetahui kemampuan suatu material atau sampel menerima gaya tekan persatuan luas permukaan material. Sampel yang di uji terdiri dari variasi komposisi penambahan SiC dan variasi waktu pengadukan campuran sampel. Dapat dilihat pada Tabel 4.4 hasil uji kuat tekan dari setiap sampel sebagai berikut.

Tabel 4.4 Hasil Uji Kuat Tekan

No.	Kode sampel	Nilai Kuat Tekan sampel (MPa)
1	10% SiC, 30 menit	15,4
2	10% SiC, 60 menit	15,7
3	10% SiC, 90 menit	16,7
4	20% SiC, 30 menit	15,8
5	20% SiC, 60 menit	16,1
6	20% SiC, 90 menit	17,2
7	30% SiC, 30 menit	16,8
8	30% SiC, 60 menit	16,9
9	30% SiC, 90 menit	19,3

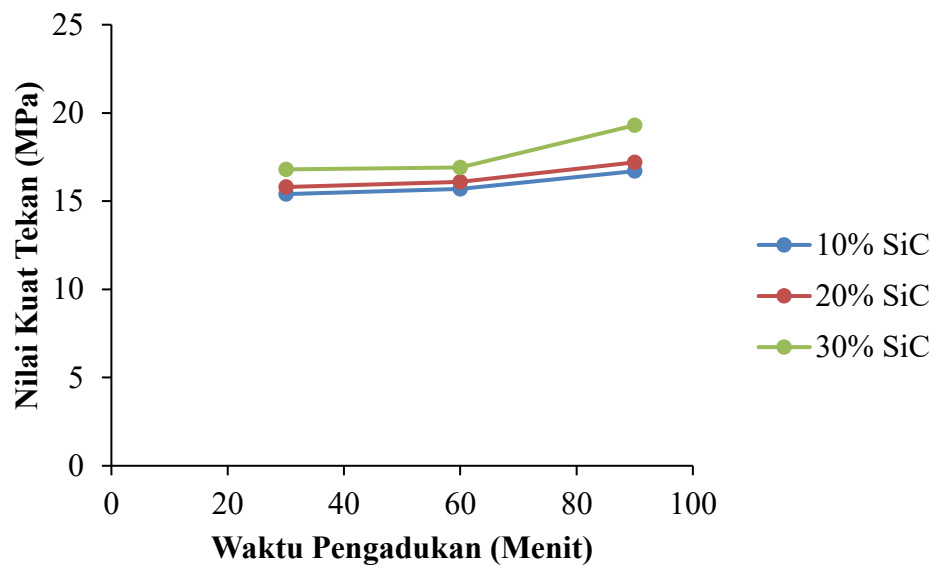
Dari Tabel 4.4 didapatkan analisa pengaruh komposisi dan waktu pengadukan didapatkan hasil nilai kuat tekan yang meningkat seiring komposisi grafit yang ditambahkan dan durasi waktu pengadukan yang semakin lama yang digambarkan dengan grafik pada Gambar 4.4 dan 4.5.



Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Komposisi Grafit Terhadap Kuat Tekan

Dapat dilihat pada Gambar 4.4 menunjukkan pengaruh penambahan komposisi grafit dapat meningkatkan nilai kuat tekan pada setiap sampel yang di uji. Untuk nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada sampel dengan penambahan grafit 30% dengan waktu pengadukan 90 menit sebesar 19,3MPa yang ditandai dengan garis berwarna hijau sedangkan nilai kuat tekan terendah terdapat pada penambahan komposisi grafit 10% dengan waktu pengadukan 30 menit sebesar 15,4 MPa yang ditandai dengan garis berwarna biru. Peningkatan nilai kuat tekan seiring penambahan SiC disebabkan karena SiC mempunyai partikel yang lebih kecil sehingga dapat dengan mudah diintegrasikan atau berikatan dengan tanah

lempung [36]. Sehingga memungkinkan tidak adanya ruang kosong pada keramik krusibel karena ruang kosong pada tanah lempung diisi oleh SiC dan keramik. Hal ini juga dibuktikan dengan porositas yang menurun seiring dengan bertambahnya komposisi SiC. Penurunan porositas umumnya akan meningkatkan kekuatan tekan suatu bahan, karena ruang kosong dalam bahan akan mengurangi kontak antara partikel-partikel material. Sehingga semakin rendah porositasnya semakin tinggi kekuatan suatu bahan [39].



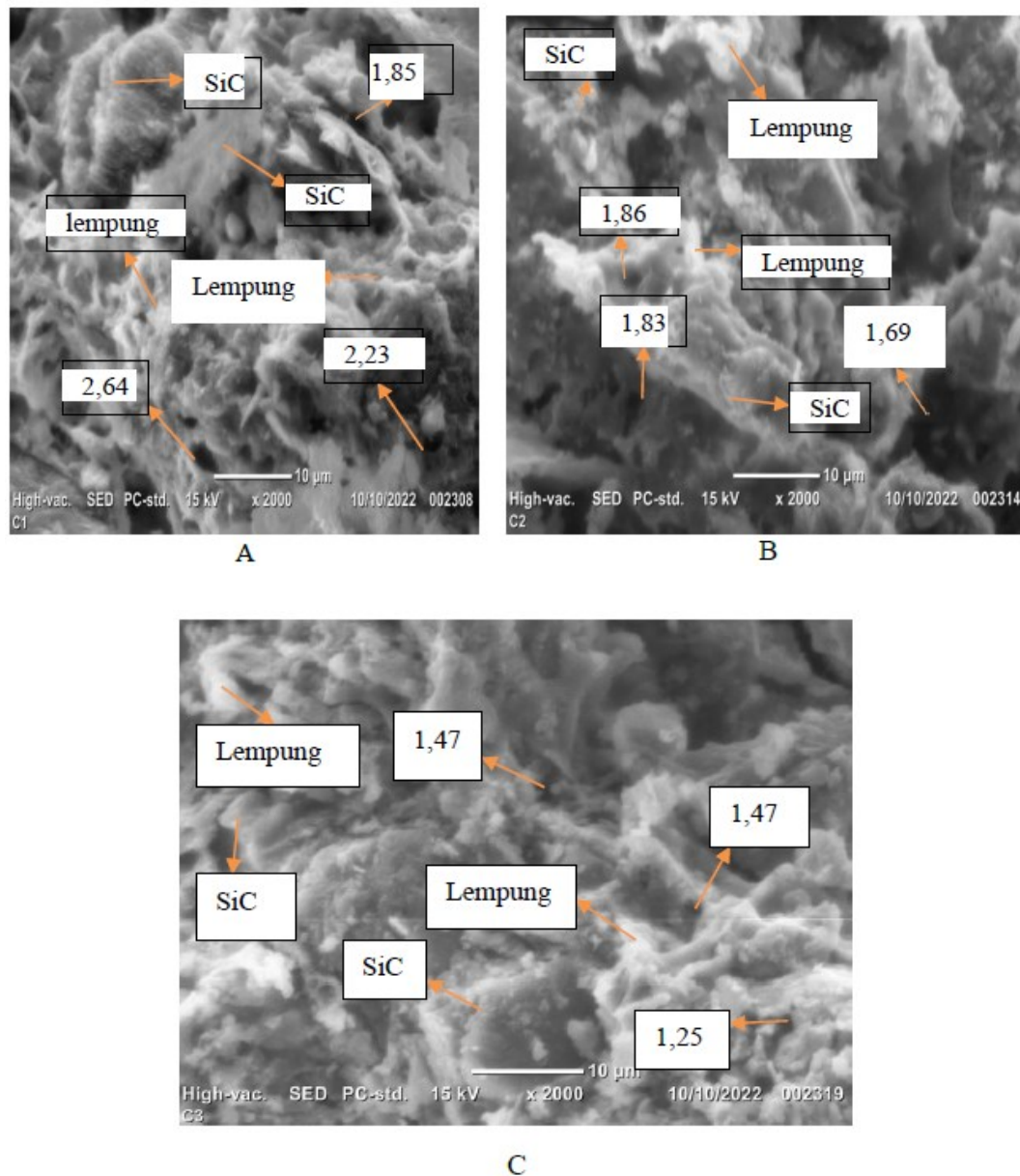
Gambar 4.5 Pengaruh Waktu Pengadukan terhadap Nilai Kuat Tekan

Pada Gambar 4.5 menunjukkan bahwa pengaruh waktu pengadukan pada nilai kuat tekan akan meningkat. Hal ini disebabkan semakin lama waktu pengadukan maka SiC sebagai bahan penguat akan berdistribusi secara merata dengan tanah lempung sehingga SiC dan tanah lempung menjadi campuran lebih homogen. hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rusiyanto yang menyatakan bahwa ketika campuran bahan memiliki homogenitas yang tinggi

pada pembuatan keramik maka akan menghasilkan kekuatan mekanik yang tinggi [37]. Hasil kuat tekan yang meningkat dipengaruhi oleh porositas sampel, semakin lama waktu pengadukan menyebabkan sampel tercampur secara homogen yang menyebabkan porositas semakin mengecil karena grafit mengisi pori. Pada hasil uji tekan ini didapatkan nilai kuat tekan tertinggi pada komposisi SiC 30% dengan waktu pengadukan 90 menit sebesar 19,3 MPa yang ditandai dengan garis berwarna hijau dan nilai kuat tekan terkecil terdapat pada penambahan komposisi SiC 10% dengan waktu pengadukan 30 menit sebesar 15,4 MPa yang ditandai dengan garis berwarna biru. Untuk nilai kuat tekan yang diizinkan pada bahan refraktori yaitu berkisar 13,79 MPa-41,37 MPa [40].

4.5 Analisis Hasil Uji SEM

Pengujian yang terakhir dilakukan pada penelitian kali ini adalah pengujian SEM. Pengujian SEM ini dilakukan untuk mengetahui struktur mikro dari sampel variasi penambahan komposisi SiC dan variasi waktu pengadukan. Pengujian SEM ini dilakukan dengan pembesaran 2000x untuk mengetahui struktur mikronya dan dapat dilihat hasil dari pengujian SEM ini pada Gambar 4.4.



Gambar 4.6 Struktur Mikro sampel Pada Penambahan Komposisi SiC dan waktu pengadukan (a) 10% Waktu pengadukan 90 menit (b) 20% Waktu Pengadukan 90 Menit (c) 30% Waktu Pengadukan 90 menit

Pada Gambar 4.6 merupakan struktur mikro dari sampel pada perbesaran 2000 kali dan analisa yang dilakukan dengan menggunakan software *ImageJ* dimana untuk menentukan dimensi porositas serta untuk mengetahui campuran

dari setiap variasi penambahan SiC ini tercampur merata dengan waktu pengadukan selama 90 menit dari setiap sampel. Telah dilakukan pengukuran diameter pori pada beberapa sampel, sampel pertama dengan penambahan SiC 10% dengan waktu pengadukan 90 menit terdapat 3 titik dengan masing-masing diameter 2,64 nm, 1,85 nm dan 2,23 nm dengan rata-rata diameter pori adalah 2,23 nm. Pada sampel kedua dengan penambahan SiC 20% dengan waktu pengadukan 90 menit terdapat 3 titik dengan masing-masing diameter 1,83 nm, 1,69 nm, dan 1,86 nm dengan rata-rata diameter pori adalah 1,79 nm dan pada sampel 3 dengan penambahan SiC 30% dengan waktu pengadukan 90 menit terdapat 3 titik dengan masing-masing diameter 1,47 nm, 1,25 nm dan 1,47 nm dengan rata-rata diameter pori adalah 1,39 nm.

Dapat dilihat bahwa semakin banyak penambahan komposisi SiC nilai porositas di dalam sampel menurun sehingga nilai kuat tekan semakin meningkat. Dapat dilihat pada Gambar 4.6. pada penambahan komposisi 10% dengan waktu pengadukan 90 menit mulai terbentuknya struktur mikro yang berukir kubik yang berikatan satu sama lain. Pada komposisi ini SiC belum mampu masuk ke ruang kosong dan berikatan dengan lempung sehingga nilai porositas yang didapat lebih tinggi jika dibandingkan dengan sampel komposisi 20% dan 30%. Hal ini dibuktikan pada Gambar 4.6 A warna putih sebagai lempung lebih dominan dibandingkan dengan warna abu-abu SiC. Kemudian pada penambahan komposisi 20% struktur mikro yang dihasilkan semakin rapat yang berbentuk kubik hal ini karena SiC mulai mengisi ruang kosong pada tanah lempung sehingga struktur mikro yang dihasilkan lebih padat jika dibandingkan dengan komposisi 10% SiC,

yang dapat dilihat pada Gambar 4.6 B warna abu-abu SiC mulai mengikat partikel putih lempung. Sedangkan pada penambahan komposisi 30% SiC struktur mikro yang terbentuk berupa kubik yang lebih padat jika dibandingkan dengan komposisi 10% dan 20% SiC. Hal ini disebabkan karena sampel mengalami ikatan yang sempurna karena campuran tanah lempung dan SiC mampu untuk mengisi ruang kosong antar partikel sehingga rongga-rongga yang ada di dalam sampel sangat banyak [36]. Rongga-rongga ini berasal dari air yang menguap ketika proses *sintering* terjadi. Hal ini konsisten dengan perhitungan, yang mana semakin besar penambahan komposisi SiC maka akan menurunkan nilai porositasnya.