

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakterisasi Kandungan tanah lempung

Pada permulaan proses penelitian menggunakan bahan tanah lempung, grafit dan silikon karbida. Tanah lempung yang dipakai pada penelitian ini dari daerah Sukajaya Kabupaten Bogor, tanah lempung ini dapat dimanfaatkan untuk pembuatan krusibel. Pada penelitian kali ini dilakukan karakterisasi kandungan tanah lempung, tanah lempung dilakukan karakterisasi XRF. Analisis unsur dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif menganalisis jenis unsur yang terkandung dalam bahan dan analisis kuantitatif dilakukan untuk menentukan konsentrasi unsur dalam bahan. Sinar-X yang dihasilkan dari peristiwa seperti peristiwa tersebut diatas ditangkap oleh oleh detektor semi konduktor Silikon Litium (SiLi).

4.1.1 Karakterisasi XRF

Tabel 4.1 Karakterisasi XRF pada Tanah Lempung

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
ZnO	0,122
PbO	0,131
Other	1,799

Untuk mengetahui senyawa yang terkandung di dalam tanah lempung dilakukan pengujian XRF. Pengujian XRF dilakukan di PT Multi Hanna Kreasindo, diperoleh data seperti pada Tabel 4.1. Dari hasil yang diperoleh senyawa yang paling dominan adalah SiO_2 diikuti dengan Al_2O_3 dan Fe_2O_3 . Hal ini sesuai dengan literatur yang didapatkan bahwa lempung banyak mengandung senyawa Fe_2O_3 , Al_2O_3 , SiO_2 dan lain lain. Senyawa ini merupakan pembentuk material keramik akan tetapi setiap lempung memiliki kandungan senyawa yang bervariasi (Husain, Haryanti and Manik, 2016). Pengaruh senyawa SiO_2 untuk mengurangi penyusutan pada keramik. Kandungan SiO_2 dan Al_2O_3 juga dapat meningkatkan sifat tahan api pada keramik. Sedangkan kandungan besi oksida (Fe_2O_3) dapat mempengaruhi warna dari badan keramik setelah dilakukan proses sintering, warna yang biasa dihasilkan yaitu merah (Bayuseno, 2009). Berdasarkan analisa tersebut tanah lempung dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan krusibel.

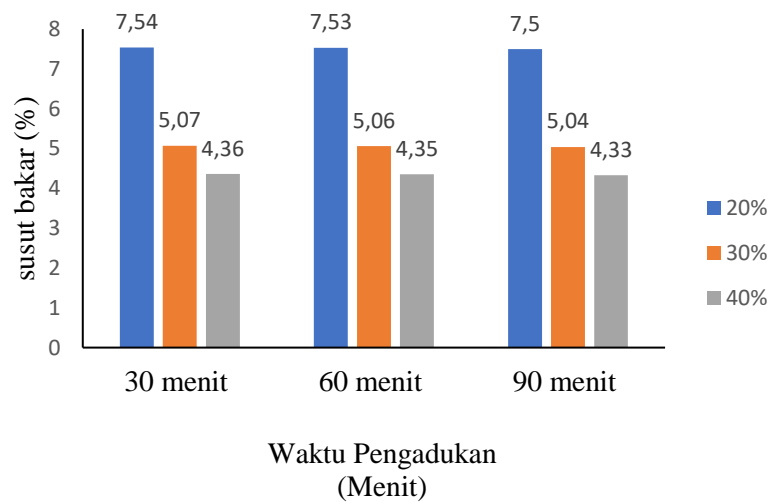
4.1.2 Analisa Hasil Pengujian Susut Bakar

Pengujian susut bakar dengan metode susut volume yang dilakukan untuk mengetahui nilai susut bakar pada sampel. Hasil pengujian susut bakar dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Data Hasil Susut Bakar

No	Komposisi grafit %	Waktu Pengadukan (Menit)	Volume Sebelum Dibakar (cm^3)	Volume Setelah Dibakar (cm^3)	Susut bakar (%)
1	20	30	100,54	92,95	7,54%
2	20	60	101,19	93,57	7,53%
3	20	90	102,50	94,81	7,50%
4	30	30	100,54	95,44	5,07%
5	30	60	101,19	96,07	5,06%
6	30	90	102,50	97,33	5,04%
7	40	30	107,17	102,50	4,36%
8	40	60	107,85	103,16	4,35%
9	40	90	109,21	104,48	4,33%

Hasil nilai susut bakar pada Tabel 4.2 menunjukkan nilai susut bakar pada komposisi grafit 20% dengan waktu pengadukan 30 menit, 60 menit dan 90 menit didapatkan nilai susut bakar sebesar 7,54%, 7,53% dan 7,50%. Pada komposisi 30% dengan waktu pengadukan 30 menit, 60 menit dan 90 menit didapatkan nilai susut bakar sebesar 5,07%, 5,06% dan 5,04%. Selanjutnya komposisi 40% dengan waktu pengadukan 30 menit, 60 menit dan 90 menit didapatkan nilai susut bakar sebesar 4,36%, 3,35% dan 4,33% Hasil data dari pengujian susut bakar ini direpresentasikan pada grafik batang seperti pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Pengaruh Komposisi Grafit dan Waktu Pengadukan terhadap Susut Bakar

Pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa penambahan grafit 20%, 30% dan 40% mengalami penurunan susut bakar. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan penambahan tanah lempung sebagai bahan dasar sampel. 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 (Ridayani, Malino and Asri, 2017). Penyusutan terjadi karena adanya proses sintering yang mengakibatkan partikel-partikel tanah lempung saling mendekat menjadi struktur yang rapat. Salah satu parameter yang menunjukkan terjadinya proses sintering adalah penyusutan akibat adanya perubahan struktur mikro (Huda and Hastuti, 2012). Sedangkan pada variasi waktu pengadukan terhadap susut bakar cenderung stabil, karena susut bakar dipengaruhi oleh penambahan tanah lempung yang menjadi bahan dasar pembuatan sampel relatif sama pada sampel yang dilakukan variasi waktu pengadukan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Anwat dan Nonthaphong bahwa pada umumnya tanah lempung harus memiliki persentase penyusutan setelah proses pembakaran yaitu 5%-8% (Srisuwan and Phonphuak, 2020).

4.2 Analisa Pengujian Porositas

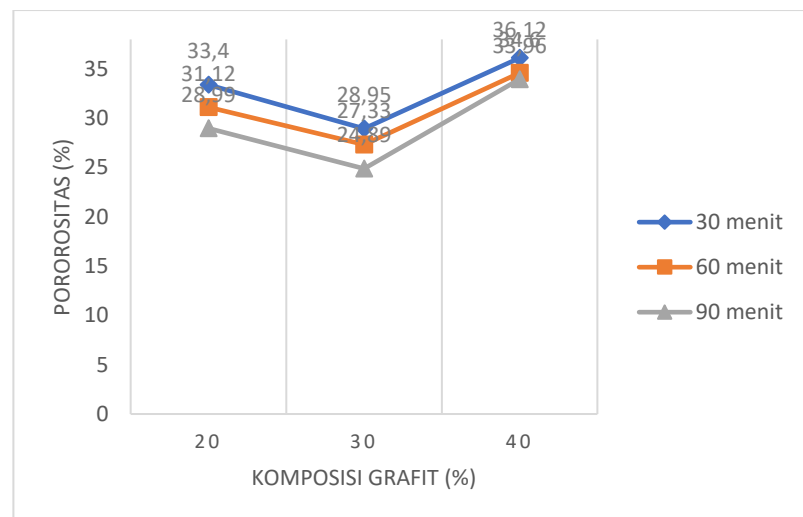
Sampel yang telah dilakukan proses *sintering* dan pendinginan, kemudian dilakukan pengujian porositas dilakukan bertujuan untuk mengetahui porositas yang terbentuk pada sampel. Pengujian yang dilakukan mengacu pada standar ASTM C20-00. Penentuan porositas pada sampel dapat diperoleh dari hasil pengukuran berat kering, berat sampel dalam air dan permukaan. Pada pengujian porositas dilakukan di laboratorium metalurgi II dengan menggunakan neraca digital. Hasil pengujian porositas yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel

4.3

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Porositas

No	Komposisi (%)	Waktu pengadukan (menit)	Porositas (%)
1	20%	30 menit	33,40%
2	20%	60 menit	31,12%
3	20%	90 menit	28,99%
4	30%	30 menit	28,95%
5	30%	60 menit	27,33%
6	30%	90 menit	24,89%
7	40%	30 menit	36,12%
8	40%	60 menit	34,60%
9	40%	90 menit	33,96%

Dari hasil pengujian porositas yang disajikan pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa penambahan komposisi grafit tertentu akan menurunkan porositas, namun setelah melewati variasi penambahan grafit 30% akan menaikkan porositasnya, yang digambarkan menjadi grafik yang dapat dilihat seperti pada Gambar 4.2

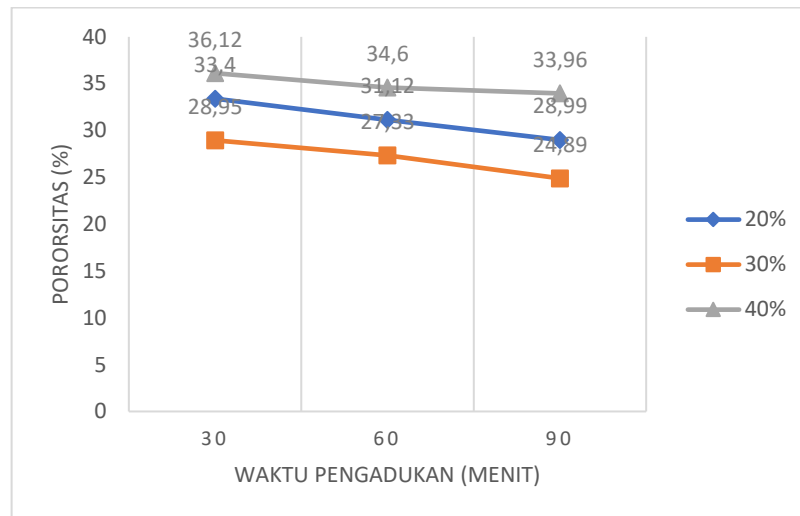


Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Komposisi Grafit terhadap Porositas

Berdasarkan Gambar 4.2 menunjukkan bahwa pada komposisi penambahan grafit 20% didapatkan nilai porositas yang lebih dtinggi dibandingkan dengan

penambahan komposisi grafit 30%. Hal ini disebabkan pada penambahan grafit 20%, partikel grafit belum mampu mengisi ruang kosong dan membentuk ikatan antara partikel tanah lempung dengan grafit. Dengan penambahan komposisi grafit yang sedikit memungkinkan masih adanya ruang kosong antara partikel tanah lempung (Abdullah, Sonya, Nuryadin, *et al.*, 2009). Kemudian pada penambahan komposisi grafit 30% terjadi penurunan porositas hal ini disebabkan oleh susunan tanah lempung dan grafit mencapai kesetabilan susunan, yang menyebabkan penggabungan partikel semakin rapat karena pori-pori dapat terisi oleh grafit (Yulianto, Setyawan and Irnawan, 2022). Sedangkan pada penambahan grafit sebesar 40% terjadi kenaikan porositas. Hal ini disebabkan karena grafit yang semakin banyak menyebabkan ikatan antar partikel menjadi tidak seimbang dan menyebabkan banyaknya pori akibat perbandingan susunan tanah lempung dengan grafit yang terlalu signifikan yang mengakibatkan susunan partikel tanah lempung menjadi tidak stabil. Sehingga ikatan antar bahan penyusun semakin renggang dan porositas semakin besar (Rahmawati and Sunarsih, 2015).

Variasi waktu pengadukan pada pembuatan krusibel menghasilkan nilai pengujian yang variatif sehingga data hasil pengujian porositas yang dihasilkan dilakukan analisa yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu pengadukan terhadap porositas sampel krusibel, yang digambarkan dengan grafik pengaruh waktu pengadukan terhadap porositas dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Waktu Pengadukan terhadap Porositas

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengadukan yaitu 30 menit, 60 menit dan 90 menit maka persen porositas semakin menurun. Bertambahnya durasi waktu pengadukan menghasilkan pencampuran yang homogen. Semakin homogen material yang dihasilkan dari proses *mixing* maka semakin sedikit jumlah porositas yang dihasilkan (Rusiyanto *et al.*, 2022). Penurunan porositas terjadi dengan pertambahan lama waktu pengadukan, yang memungkinkan adanya penggabungan partikel-partikel yang menyebabkan material menjadi lebih padat dan memungkinkan tidak adanya ruang kosong antar partikel penyusun (Rahmah, Hikmawati and Siswanto, 2015). Pada bahan refraktori porositas yang diizinkan berkisar 10-30% (Iyasara *et al.*, 2016).

4.3 Analisa Pengujian Kuat Tekan

Sampel yang telah dilakukan proses *sintering* juga disiapkan dengan bentuk kubus ukuran 50×50×50 mm sebanyak sembilan sampel untuk dilakukan pengujian kuat tekan. Pengujian nilai kuat tekan dilakukan di PT Wijaya Karya

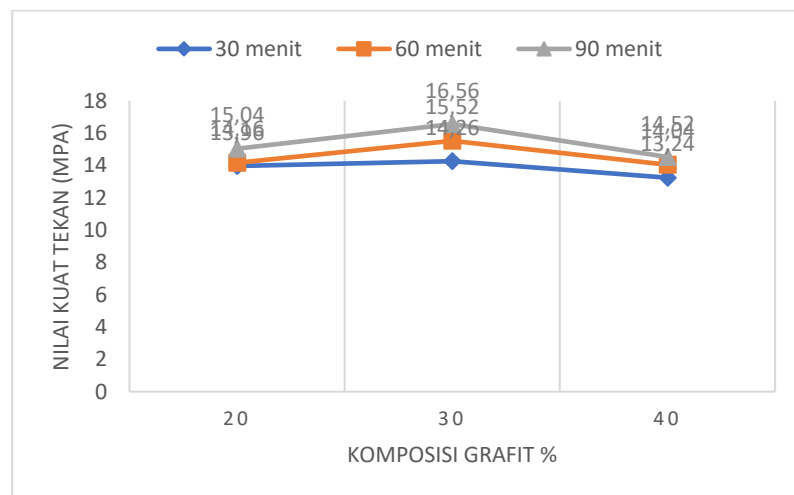
(Persero) Tbk Depok. Pengujian kuat tekan ini menggunakan standar SNI 1976:2011. Sebelum dilakukan pengujian kuat tekan, dilakukan pengukuran luas penampang untuk dilakukan kalkulasi sehingga mendapatkan nilai kuat tekan. Pengujian kuat tekan sampel menggunakan mesin *compression machine type elle-01354*. Pembebanan diberikan pada sampel rentang 0,15 MPa/detik sampai dengan 0,35 MPa/deti. Kuat tekan merupakan gaya persatuan benda cenderung mengakibatkan benda tersebut mengalami deformasi. Pengujian kuat tekan dilakukan bertujuan untuk menganalisa sampel saat dikenai beban tekan dan mengukur seberapa besar beban yang akan ditahan sebelum sampel mengalami kegagalan atau kerusakan permanen. Hasil pengujian nilai kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan

NO	Komposisi (%)	Waktu Pengadukan (Menit)	Nilai Kuat Tekan (MPa)
1	20	30	13,96
2	20	60	14,16
3	20	90	15,04
4	30	30	14,26
5	30	60	15,52
6	30	90	16,56
7	40	30	13,24
8	40	60	14,04
9	40	90	14,52

Pada Tabel 4.4 hasil pengujian kuat tekan didapatkan pengaruh komposisi grafit terhadap nilai kuat tekan. Pada penambahan komposisi grafit dengan komposisi grafit 30% akan meningkatkan nilai kuat tekan, namun jika dilakukan

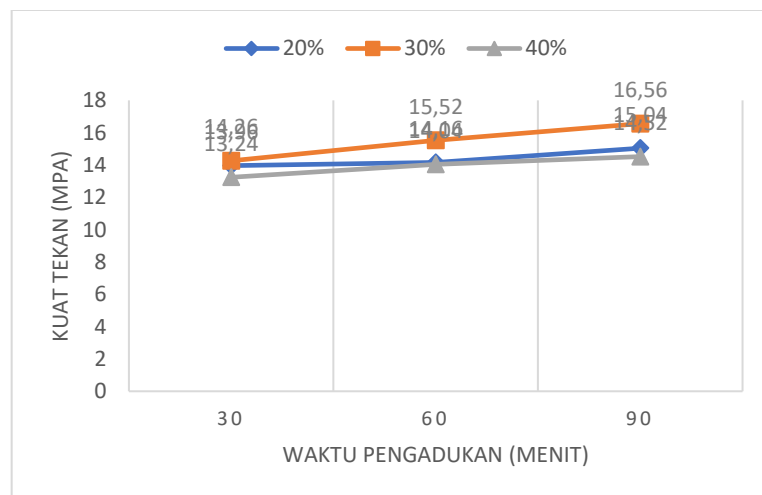
penambahan grafit 40% maka akan menurunkan nilai kuat tekan yang digambarkan dengan grafik seperti pada Gambar 4.4 .



Gambar 4.4 Pengaruh Komposisi Grafit terhadap Kuat Tekan

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa pada penambahan komposisi grafit 20% didapatkan nilai kuat tekan lebih rendah jika dibandingkan dengan penambahan komposisi grafit 30% hal ini disebabkan pada penambahan komposisi grafit 20%, partikel grafit belum mampu mengisi ruang kosong dan membentuk ikatan yang kuat antara partikel tanah lempung dengan partikel grafit, dengan penambahan komposisi grafit yang sedikit mungkin masih adanya ruang kosong antara partikel tanah lempung. Kemudian pada penambahan komposisi grafit 30% didapatkan nilai kuat tekan yang tertinggi pada penelitian ini. Hal ini disebabkan ruang kosong antar partikel tanah lempung diisi oleh partikel grafit yang mengakibatkan tanah lempung mampu mengikat partikel grafit sehingga terbentuk ikatan yang kuat antara partikel tanah lempung dengan partikel grafit. Namun setelah penambahan komposisi grafit 40% terjadi penurunan nilai kuat tekan. Hal

ini disebabkan munculnya ikatan yang tidak sempurna yaitu ikatan antar grafit itu sendiri. Ikatan antara grafit dengan grafit lebih lemah dibandingkan dengan ikatan tanah lempung dan grafit. Dengan demikian kehadiran ikatan antara grafit dengan grafit akan memperlemah keramik (Abdullah, Sonya, Nuryadin, *et al.*, 2009). Salah satu faktor adanya peningkatan dan penurunan nilai kuat tekan yaitu porositas sampel. Hal ini dibuktikan dengan persen porositas yang menurun pada penambahan komposisi grafit 30% dan ada nya kenaikan porositas pada penambahan komposisi grafit 40%. Peningkatan porositas umumnya akan mengurangi kekuatan tekan suatu bahan, karena ruang kosong dalam bahan akan mengurangi kontak antara partikel-partikel material. Sehingga semakin porositasnya semakin rendah nilai kuat tekan bahan tersebut.

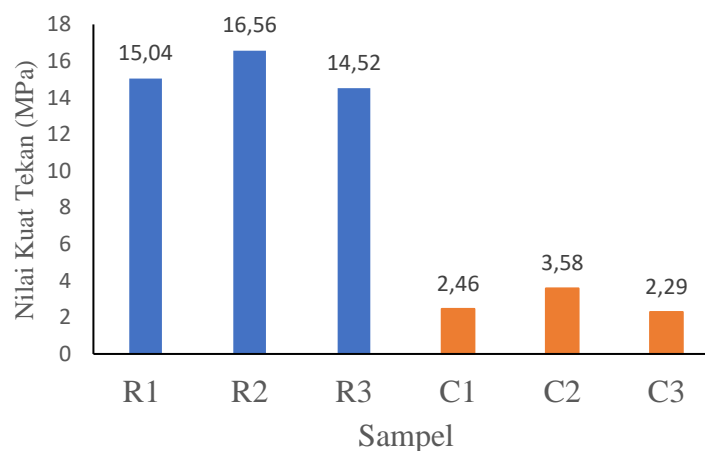


Gambar 4.5 Pengaruh Waktu Pengadukan terhadap Nilai Kuat Tekan

Pada Gambar 4.5 menunjukkan bahwa pengaruh waktu pengadukan pada nilai kuat tekan. Semakin lama waktu pengadukan yaitu 30 menit, 60 menit dan 90 menit maka nilai kuat tekan akan meningkat. Hal ini disebabkan semakin lama

waktu pengadukan maka grafit dapat terdistribusi merata dengan tanah lempung sehingga sehingga menghasilkan campuran yang homogen. Ketika campuran bahan memiliki homogenitas yang tinggi pada pembuatan keramik maka akan menghasilkan kekuatan mekanik yang tinggi dan struktur mikro yang terdistribusi secara homogen (Rusiyanto *et al.*, 2022). 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. Untuk nilai kuat tekan yang diinginkan pada bahan refraktori yaitu berkisar 13,79 Mpa-41,37 MPa (Harbison Walker, 2005).

Dari hasil pengujian kuat tekan yang telah dilakukan jika dibandingkan dengan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Ubani, 2021 dapat disimpulkan bahwa pengaruh komposisi yang digunakan untuk pembuatan krusibel menyebabkan nilai kuat tekan yang dihasilkan fluktuatif (Ubani and Atanmo, 2021). Akan tetapi Hasil kuat tekan yang diperoleh pada penelitian ini lebih tinggi. Seperti pada Gambar 4.6



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Hasil Kuat Tekan

Keterangan:

R1: %Bal. Campuran (Clay+SiC), 20% Grafit

R2: %Bal. Campuran (Clay+SiC), 30% Grafit

R3: %Bal. Campuran (Clay+SiC), 40% Grafit

C1: %Bal. Campuran (Grafit, SiC, dan Granit), 40% Tanah Lempung

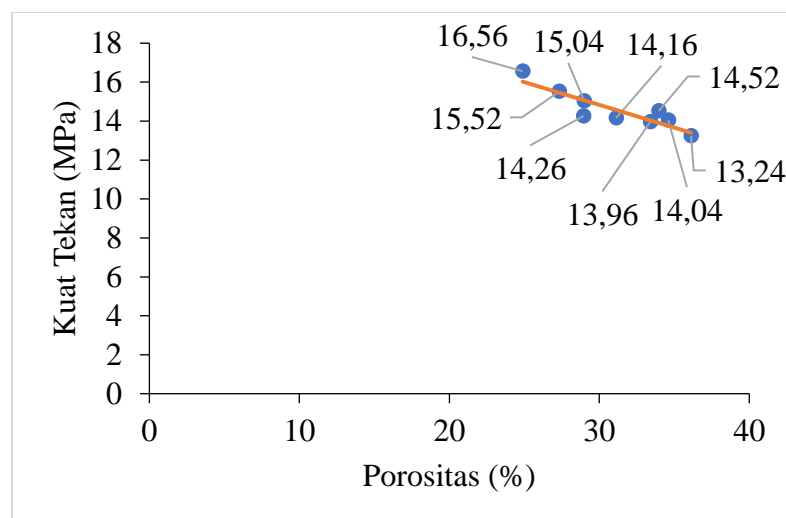
C2: %Bal. Campuran (Grafit, SiC, dan Granit), 46% Tanah Lempung

C3: %Bal. Campuran (Grafit, SiC, dan Granit), 48% Tanah Lempung

Berbeda halnya jika dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Ohji (2011), bahwa nilai kuat tekan yang dihasilkan di pengaruhi oleh waktu pengadukan. Meningkatnya waktu pengadukan yang digunakan, maka akan menghasilkan nilai kuat tekan yang meningkat dan menghasilkan sampel yang lebih homogen sehingga rongga yang pada sampel lebih sedikit (Ohji, Singh and Mathur, 2011).

4.4 Hubungan Antara Nilai Kuat Tekan dan Nilai Porositas

Hubungan antara Nilai Kuat Tekan dengan Nilai porositas pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.7

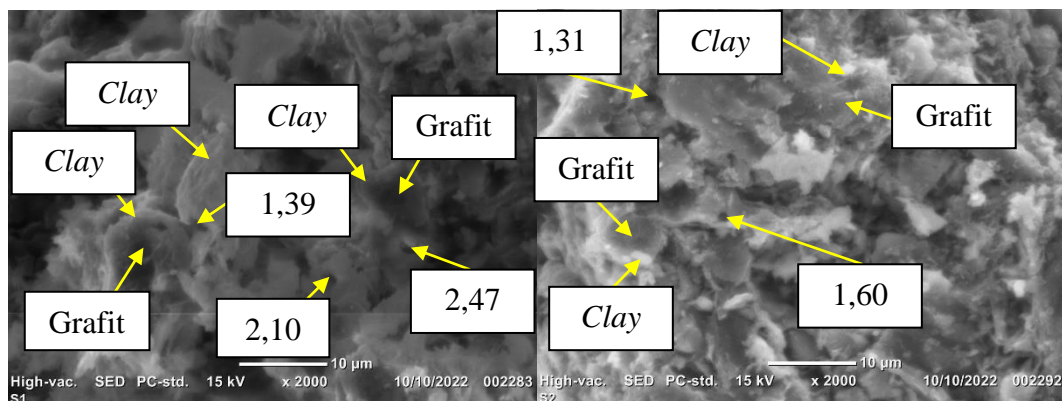


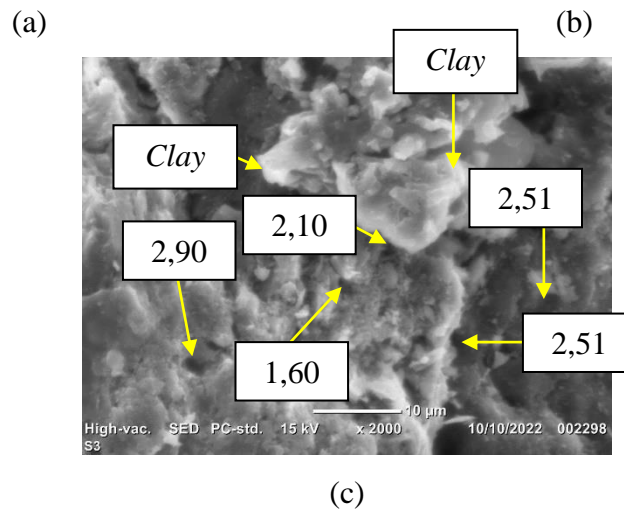
Gambar 4.7 Hubungan antara Nilai Kuat Tekan dan Porositas

Pada Gambar 4.7 menunjukkan hubungan antara nilai nilai kuat tekan dan nilai porositas berbanding terbalik artinya semakin tinggi porositas pada sampel maka nilai kuat tekannya akan semakin kecil. Meningkatnya nilai porositas menunjukkan bahwa sampel memiliki pori yang cukup besar, akibat penguapan air dan pemuain material pengisi sampel. Sehingga menyebabkan turunnya kualitas sampel dalam memikul beban kuat tekan. Semakin besar porositas yang terukur maka semakin rendah kekuatan suatu bahan (Rhomar, Putra and Astuti, 2017). Hal ini juga dibuktikan pada sampel yang mendapatkan porositas tertinggi pada komposisi 40% dengan waktu pengadukan 30 menit sebesar 36,12% menghasilkan nilai kuat tekan terendah yaitu 13,24 Mpa dan porositas terendah pada penambahan komposisi grafit 30% dengan waktu pengadukan 90 menit sebesar 24,89% menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi yaitu 16,56 MPa.

4.5 Analisa Hasil Pengujian SEM

Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui mikrostruktur setelah dilakukan penambahan variasi komposisi grafit dan waktu pengadukan. Pengujian SEM dilakukan pada tiga sampel dengan hasil pengujian kuat tekan terbaik dari masing-masing variasi komposisi dan waktu pengadukan dapat dilihat pada Gambar 4.8





Gambar 4.8 Struktur Mikro Sampel Pada Penambahan Komposisi Grafit dan waktu pengadukan (a) 20% Waktu pengadukan 90 menit (b) 30% Waktu Pengadukan 90 Mneit (c) 40% Waktu Pengadukan 90 menit

Pada Gambar 4.8 merupakan struktur mikro dari sampel dengan pembesaran 2000 kali. Gambar ini menunjukkan struktur mikro sampel bahwa partikel tanah lempung berupa lempengan-lempengan yang menyatu antara partikel partikel tanah lempung yang berwarna putih dengan partikel grafit yang berwarna hitam yang telah mengisi ruang kosong setelah dilakukan proses *sintering*. Pada Gambar 4.8 (a) terlihat penambahan komposisi grafit 20% dengan waktu pengadukan 90 menit tidak cukup mampu untuk mengisi ruang kosong dan membentuk ikatan hal ini disebabkan karena perbandingan komposisi tanah lempung sebagai bahan dasar dengan grafit lebih besar seperti yang terlihat pada Gambar 4.8 (a) adanya lempengan yang berwarna putih lebih dominan. pada komposisi penambahan komposisi grafit 30% dengan waktu pengadukan 90 menit terlihat pada Gambar 4.8 (b) menunjukkan strktur mikro yang lebih padat, karena ikatan partikel tanah lempung dengan partikel grafit mencapai optimal. Partikel grafit yang terdistribusi merata mampu mengisis ruang kosong dan membentuk

ikatan antara partikel tanah lempung dengan partikel grafit (Abdullah, Sonya, Nuryadin, *et al.*, 2009). sedangkan pada komposisi grafit 40% dengan waktu pengadukan 90 menit yang terlihat pada Gambar 4.8 (c) menunjukkan bahwa partikel tanah lempung dengan grafit tidak mengalami ikatan yang sempurna karena penambahan komposisi grafit 40% menyebabkan adanya ikatan antar grafit itu sendiri, dan menyebabkan susunan partikel tanah lempung menjadi tidak stabil, sehingga menyebabkan ikatan antar bahan penyusun semakin renggang dan porositas semakin besar (Rahmawati and Sunarsih, 2015). Hal ini dibuktikan dengan adanya partikel lempungan yang berwarna dominan hitam. Pada Gambar 4.8 telah dilakukan pengukuran diameter pori pada sampel. Pada sampel penambahan komposisi Grafit 20% dengan waktu pengadukan 90 menit didapatkan porositas dengan diameter 1,36 nm, 2,10 nm dan 2,47 nm. Pada komposisi grafit 30% dengan waktu pengadukan 90 menit didapatkan diameter porositas 1,31 nm, dan 1,61 nm dan pada penambahan komposisi grafit 40% dengan waktu pengadukan didapatkan diameter porositas sebesar 2,90 nm 2,10 nm dan 2,51 nm.