

Pengaruh Waktu Heat Treatment Terhadap Karakteristik Ceramic Coating Berpengikat Fosfat pada Baja Karbon Rendah

Dewi Idamayanti, Beny Bandanadjaja, Andreas Yosafat

Jurusan Teknik Pengecoran Logam, Politeknik Manufaktur Bandung

Email: benybj@polman-bandung.ac.id

Informasi	ABSTRAK
Artikel:	
<p><i>Received :</i> 2 Januari 2019</p>	<p>Baja karbon rendah merupakan material yang biasa digunakan dalam industri penanganan batu bara, tapi memiliki ketahanan erosi dan korosi yang rendah. Oleh karena itu, dilakukan pelapisan ceramic coating berpengikat fosfat. $Al(OH)_3$ dan H_3PO_4 digunakan sebagai bahan dasar binder. Partikel ceramic yang digunakan adalah Al_2O_3 dan SiC. Pada pembuatan ceramic coating berpengikat fosfat ini dilakukan heat treatment selama 5 jam. Sehingga dilakukan heat treatment pada ceramic coating berpengikat fosfat selama 1 jam, 3 jam dan 5 jam untuk mengetahui pengaruh waktu heat treatment terhadap karakteristik ceramic coating. Hasil karakterisasi menggunakan XRD menunjukkan berlinite sebagai pengikat antar partikel ceramic. Pengamatan menggunakan SEM menunjukkan semakin lamanya waktu heat treatment semakin banyak vacancy yang terbentuk. Dilakukan pengujian erosi untuk mengetahui ketahanan erosi ceramic coating. Berdasarkan hasil pengujian erosi, dihasilkan nilai erosion rate ceramic coating dengan partikel SiC sebesar 7,5 mg/Kg dan tanpa partikel SiC sebesar 14,2 mg/Kg. Kemudian dilakukan pengujian ketahanan air, didapatkan losses dari ceramic coating sebesar 0,074%. Hasil dari keseluruhan karakterisasi yang dilakukan menunjukkan, bahwa semakin lama waktu heat treatment ketahanan erosi dan ketahanan air meningkat pada rentang waktu heat treatment 1 – 5 jam.</p>
<p><i>Accepted :</i> 4 Maret 2019</p>	
<p><i>Available</i> 1 Desember 2019</p>	
Kata Kunci:	ABSTRACT
<p>Ceramic coating Baja Fosfat Perlakuan panas Berlinite</p>	<p><i>Low carbon steel is a material commonly used in the coal handling industry, but has low erosion and corrosion resistance. Hence, there is often a decrease in performance due to the work environment that causes erosion and corrosion. To deal with decreasing performance of low carbon steel, phosphate-bonded ceramic coating is used. Ceramic coating utilizes the chemical reaction of a monoaluminium phosphate (MAP) binder with Al_2O_3 (alumina) which produces a berlinite ($AlPO_4$) as a binding phase between ceramic particles. SiC (silicon carbide) and alumina are ceramic particles which is used in this research. To produce phosphate-bonded ceramic the heat treatment for 5 hours is carried out, which is less efficient in its application. Phosphate-bonded ceramic was heated for 1 hour, 3 hours and 5 hours to determine the effect of heat treatment time on phosphate bonded ceramic characteristics. After characterization using XRD, it was found that the phase which binds ceramic particles is berlinite. The SEM results show that heat treatment time affects the morphology of ceramic coating. The longer the heat treatment time, the more vacancies are formed. To determine erosion resistance of ceramic coating, erosion test is conducted. Based on the result of erosion test, erosion rate of ceramic coating with addition of SiC particles was 7.5 mg/Kg and without SiC was 14.2 mg/Kg. To make sure of berlinite, water resistance test was carried out, because berlinite is not soluble in water and will not lose mass significantly if it's immersed in water. The losses obtained from the water resistance test were 0.074 %. The results of the overall characterization performed showed that the longer the heat treatment time, erosion resistance and water resistance increased in the span of 1 to 5 hours.</i></p>

1 PENDAHULUAN

Material St-37 digolongkan sebagai baja karbon rendah memiliki *form ability* yang baik, karena memiliki matrix *ferritic* [1]. Namun, material St-37 memiliki ketahanan erosi yang rendah dengan nilai *erosion rate* sebesar 20 mg/Kg [2]. Ketahanan erosi dan korosi yang rendah sering menjadi masalah dalam penggunaan material St-37 terutama dalam industri penanganan batu bara, seperti komponen sistem konversi batu bara, *grinding equipment* dan *transport pipelines*. Masalah tersebut dapat diatasi dengan penggunaan *ceramic coating* pada St-37, untuk melindungi logam dari korosi akibat temperatur tinggi dan meningkatkan ketahanan erosi [3].

Ceramic coating diaplikasikan dengan metoda CBPC yang dibentuk dengan reaksi antara kation logam dan anion fosfat [4]. *Aluminium phosphate ceramic* merupakan salah satu jenis dari metoda CBPC, dimana *heat treatment* dengan temperatur yang rendah dibutuhkan untuk mencapai ikatan kimia [5]. Fasa pengikat yang paling efektif dari sintesis *aluminium phosphate ceramic* adalah *monoaluminium phosphate* [3]. Setelah melalui proses *heat treatment* pada temperatur rendah akan menghasilkan fasa *berlinite* sebagai fasa yang mengikat antara partikel *ceramic* [4].

Berdasarkan hasil penelitian Idamayanti dkk [2], [6] didapatkan nilai *erosion rate ceramic coating* berpengikat fosfat dengan penambahan partikel SiC – Al₂O₃ sebesar 5 mg/Kg dan tanpa partikel SiC sebesar 8 mg/Kg. Idamayanti dkk [2], [6] membuat *ceramic coating* berpengikat fosfat dengan proses *heat treatment* selama 5 jam.

Lamanya proses *heat treatment* selama 5 jam kurang efisien apabila diaplikasikan di lapangan, karena terlalu lama. Oleh karena itu dilakukan penelitian yang berfokus pada pengaruh waktu *heat treatment* terhadap karakterisasi *ceramic coating* berpengikat fosfat dengan partikel SiC dan tanpa partikel SiC. Karakterisasi yang dilakukan untuk menentukan pengaruh waktu *heat treatment* adalah dengan pengujian *X-Ray Diffraction*, *Scanning Electron Microscope*, ketahanan erosi dan ketahanan air. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat menghasilkan waktu *heat treatment ceramic coating* berpengikat fosfat yang lebih efisien.

2 METODE PENELITIAN

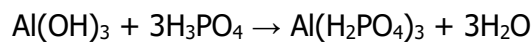
Ceramic coating berpengikat fosfat dibuat dari Al₂O₃ – SiC sebagai partikel keramik dan Al(OH)₃ – H₃PO₄ sebagai bahan pembuat *binder*. Alumina (Al₂O₃) yang digunakan berukuran 52,1 – 195 µm dengan kandungan unsur oksigen (62,95%), aluminium (35%) dan kalium (2,05%). Sedangkan *silicon carbide* (SiC) yang digunakan berukuran 15,9 – 33,8 µm dengan kandungan unsur karbon (39,47%) dan silikon (60,53%). Asam fosfat (H₃PO₄) dan aluminium hidroksida (Al(OH)₃). Komposisi *ceramic coating* seperti pada Tabel 1.

Pengaruh Waktu Heat Treatment Terhadap Karakteristik Ceramic Coating Berpengikat Fosfat pada Baja Karbon Rendah

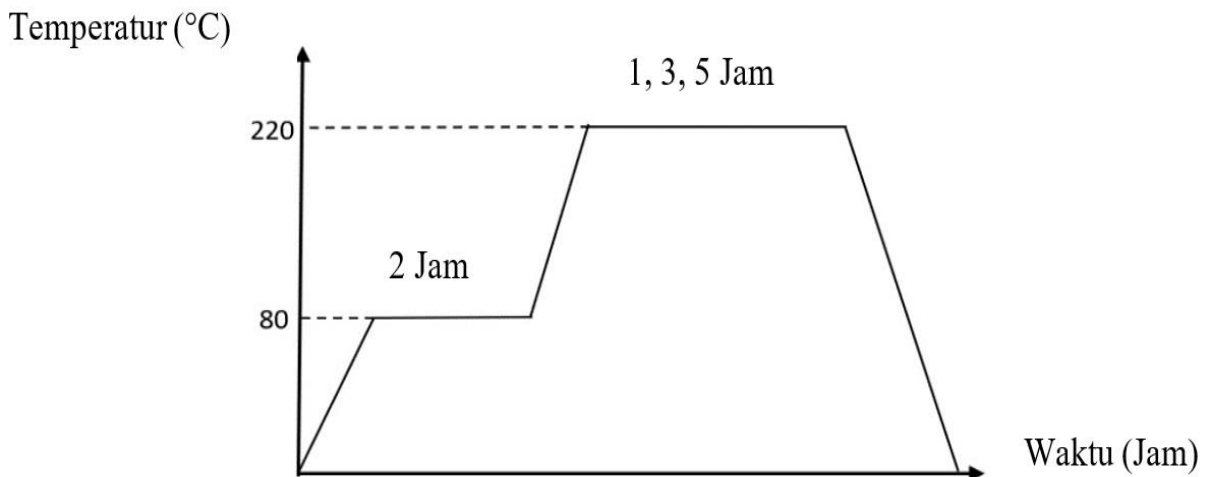
Tabel 1 Komposisi *Ceramic Coating* dengan partikel SiC

No.	Bahan	Banyaknya
1.	Aluminium hidroksida (Al(OH) ₃)	11,212 gr
2.	Asam fosfat (H ₃ PO ₄)	42,25 gr
3.	Aquades	27,5 gr
4.	<i>Binder</i> : partikel keramik	1 : 1

Pembuatan *binder* dilakukan dengan mencampurkan aluminium hidroksida dengan asam fosfat yang sudah diencerkan dengan aquades pada temperatur 100 °C selama 20 menit dan dilakukan pengadukan secara terus-menerus. Binder yang dihasilkan adalah *mono aluminium phosphate* (MAP). Pada pembuatan *binder* mengacu pada reaksi kimia berikut:



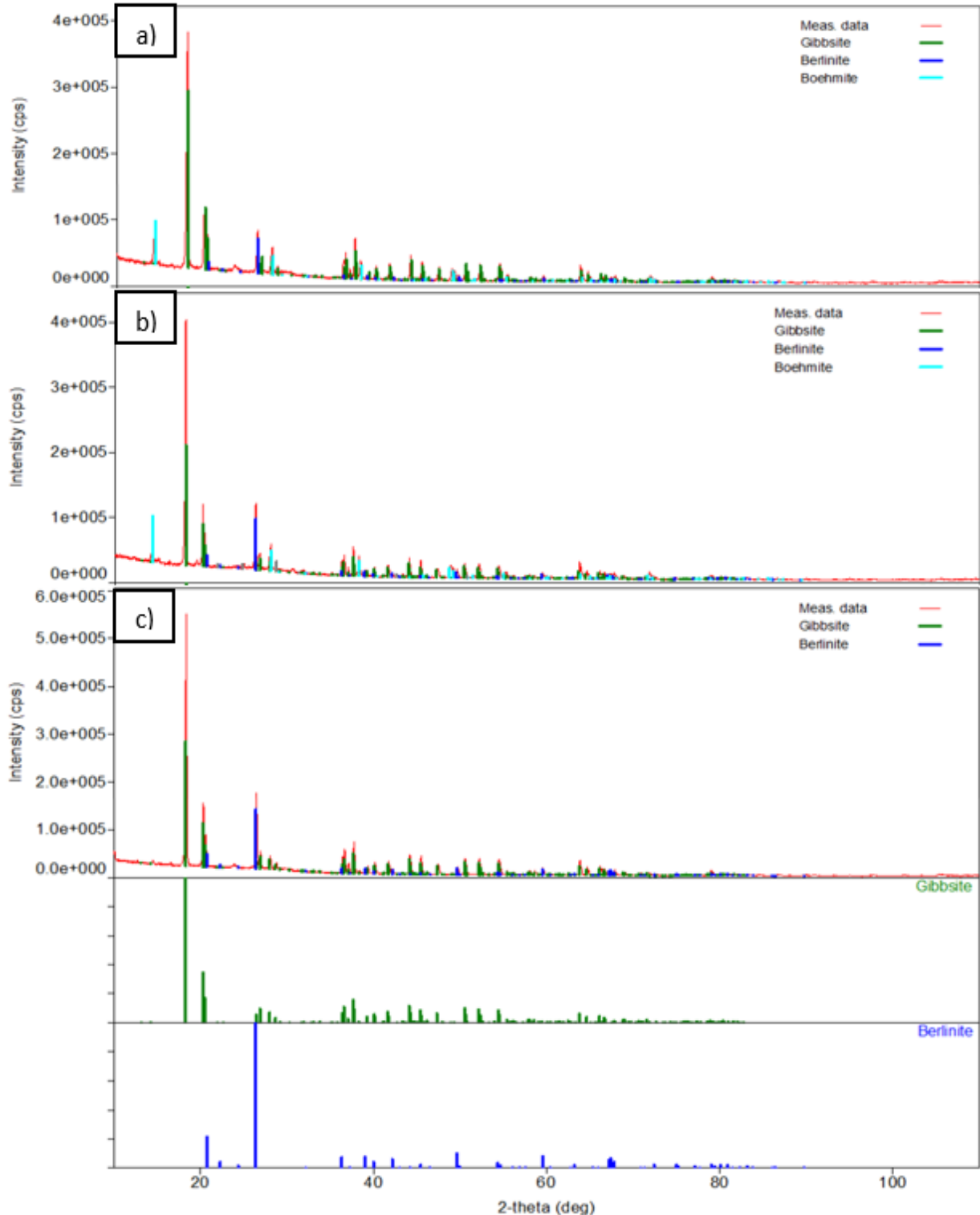
Binder yang sudah jadi kemudian dicampur dengan partikel keramik. Sehingga, dihasilkan 2 jenis *ceramic coating*, yaitu dengan partikel SiC (60%) + Al₂O₃ (40%) dan partikel Al₂O₃ 100%. *Ceramic coating* diaplikasikan dengan metode pengkuasan pada permukaan baja karbon rendah yang sudah dibersihkan dengan *methanol*. Setelah diaplikasikan, dikeringkan pada temperatur kamar selama 2 jam. Kemudian dilakukan proses *heat treatment* sebagai berikut:



Gambar 1. Kurva proses heat treatment ceramic coating

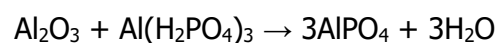
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian XRD dilakukan untuk mengetahui komposisi *ceramic coating* berpengikat fosfat dengan partikel SiC dan tanpa partikel SiC. Didapatkan hasil sebagai berikut:



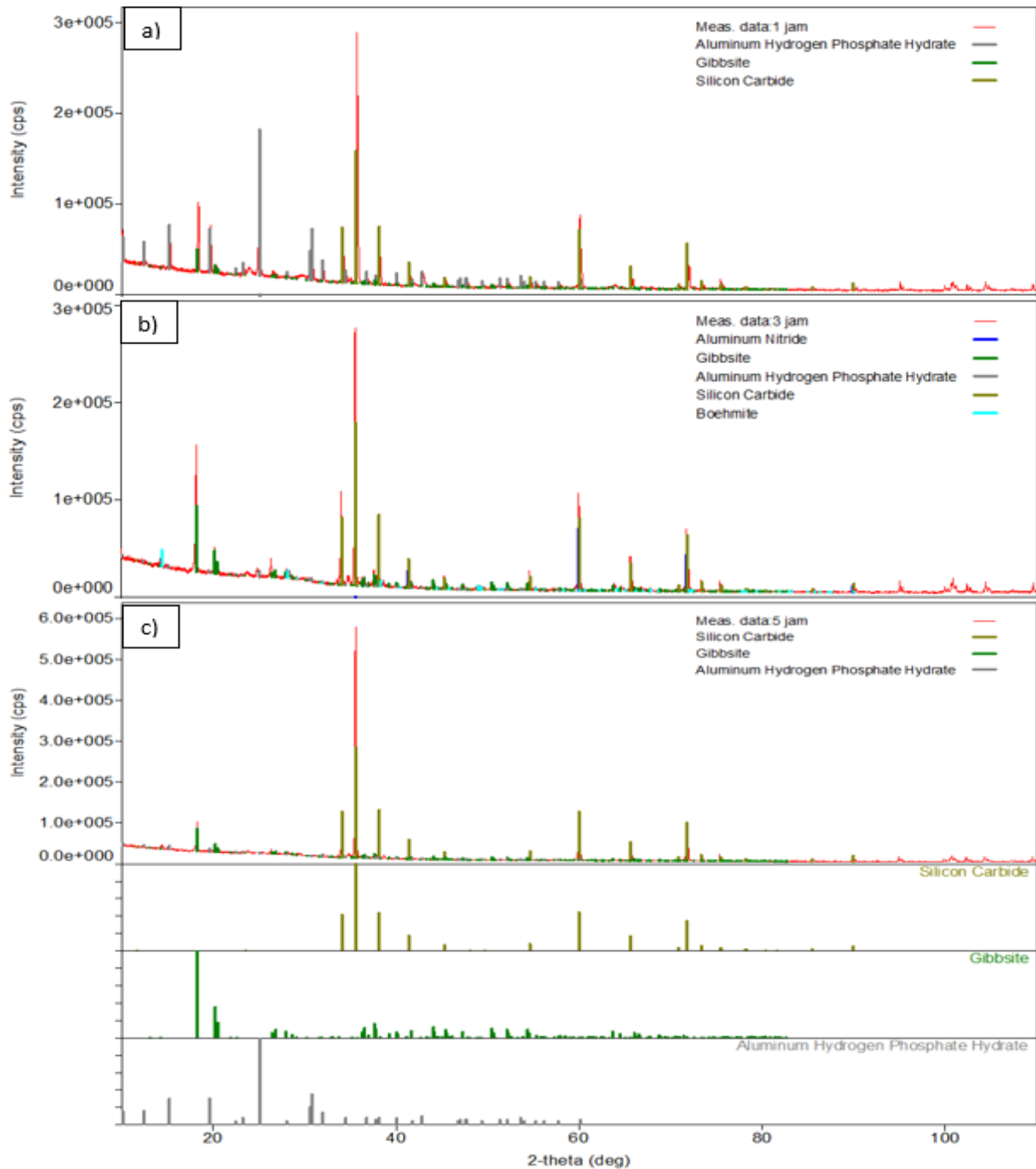
Gambar 2. Hasil XRD *ceramic coating* tanpa SiC a) 1 jam, b) 3 jam, c) 5 jam

Pada hasil XRD didapatkan *peak berlinite* (AlPO_4), yang menjadi fasa pengikat antar partikel. *Berlinite* merupakan hasil transformasi dari MAP setelah *heat treatment* pada temperatur 220 °C [3]. Dari hasil XRD terlihat bahwa semakin lamanya waktu *heat treatment* jumlah *berlinite* semakin banyak. *Berlinite* juga terbentuk dari hasil reaksi alumina dengan MAP [7].



Pengaruh Waktu Heat Treatment Terhadap Karakteristik Ceramic Coating Berpengikat Fosfat pada Baja Karbon Rendah

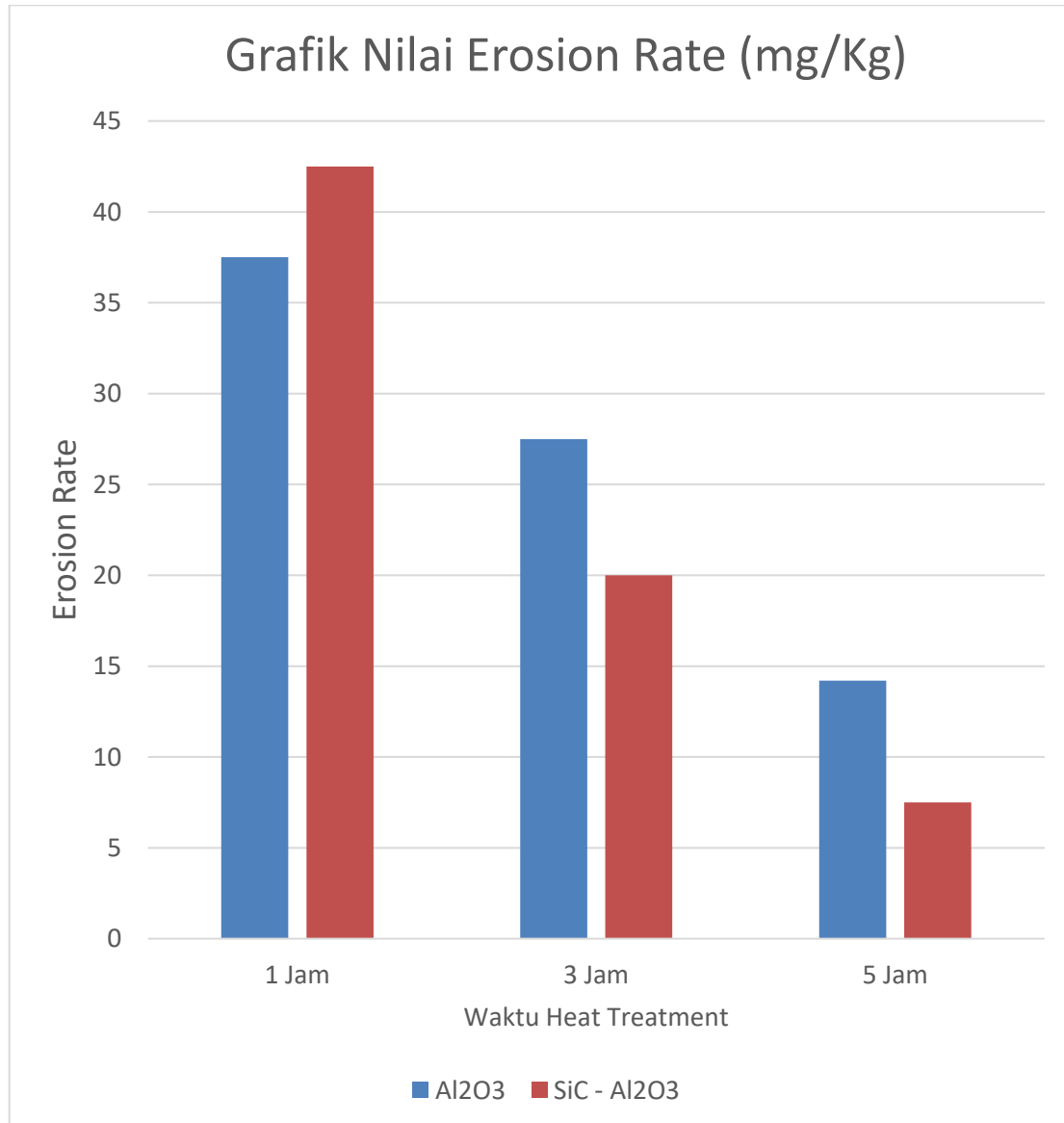
Gibbsite merupakan salah satu bentuk dari alumina, yang memiliki kelarutan diatas temperatur pembentukan *berlinite* [4]. Sedangkan *boehmite* merupakan bentuk alumina yang memiliki kelarutan dibawah temperatur pembentukan *berlinite* [4].



Gambar 3. Hasil XRD *ceramic coating* dengan SiC a) 1 jam, b) 3 jam, c) 5 jam

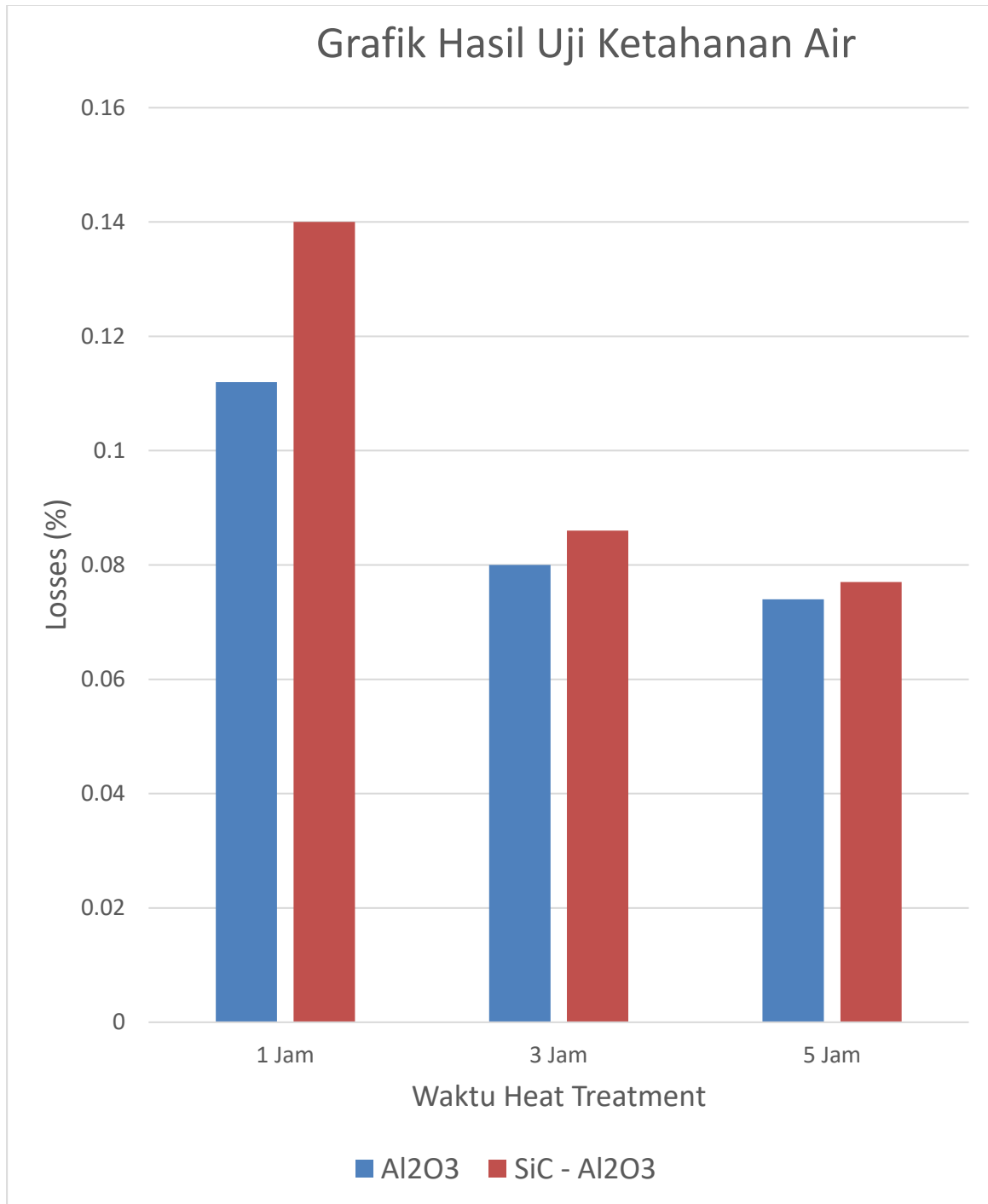
Pada hasil XRD 1 jam terlihat *peak* MAP yang tinggi, menunjukkan banyaknya jumlah MAP. Namun, pada waktu 3 jam dan 5 jam jumlah MAP sangat sedikit. Tidak adanya *peak berlinite* diduga karena mesin XRD tidak dapat membaca jumlah *berlinite* yang terlalu sedikit. Akan tetapi, dengan berkurangnya MAP seharusnya ada fasa lain yang terbentuk, yaitu *berlinite* yang terbentuk dengan *heat treatment* pada temperatur 220 °C [3].

Gibbsite merupakan bentuk dari alumina yang memiliki kelarutan di atas temperatur pembentukan berlinite, sedangkan boehmite merupakan bentuk dari alumina yang kelarutannya di bawah temperatur pembentukan berlinite [4]. Sehingga masih terdapat peak boehmite pada 3 jam waktu heat treatment. Pada waktu 1 jam seharusnya masih terdapat peak boehmite, akan tetapi diduga boehmite tertutup oleh MAP.



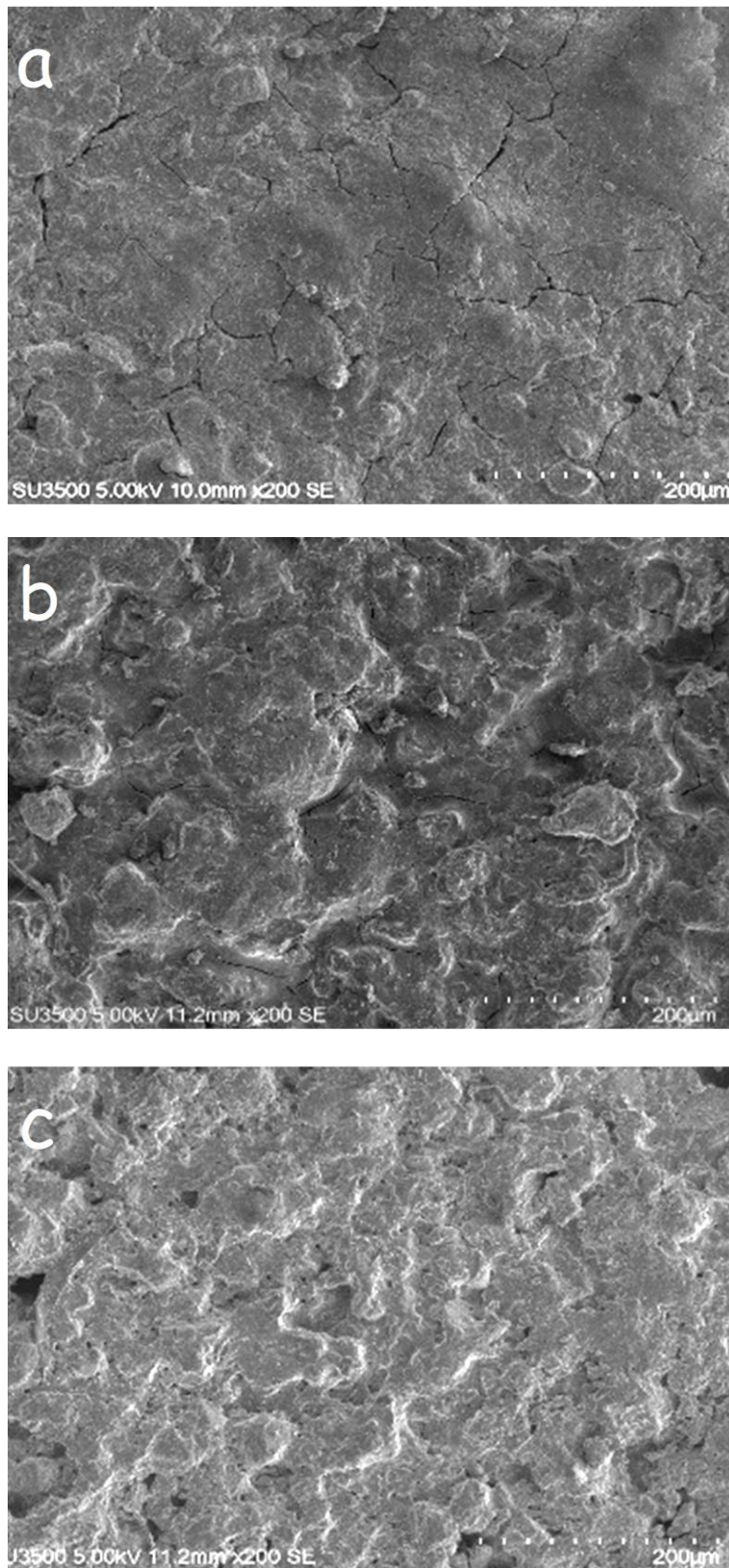
Gambar 4. Grafik nilai erosi rate ceramic coating

Dari hasil uji erosi, terlihat bahwa dengan semakin lama waktu *heat treatment* ketahanan erosi *ceramic coating* dengan partikel SiC maupun tanpa partikel SiC semakin baik dengan berkurangnya nilai *erosion rate*. Namun dengan penambahan partikel SiC *ceramic coating* semakin tahan erosi, karena semakin keras suatu material ketahanan erosinya semakin baik [8]. Kekerasan SiC dalam skala Moh's >9, sedangkan kekerasan *erodent material* (alumina) sebesar 9 [9].



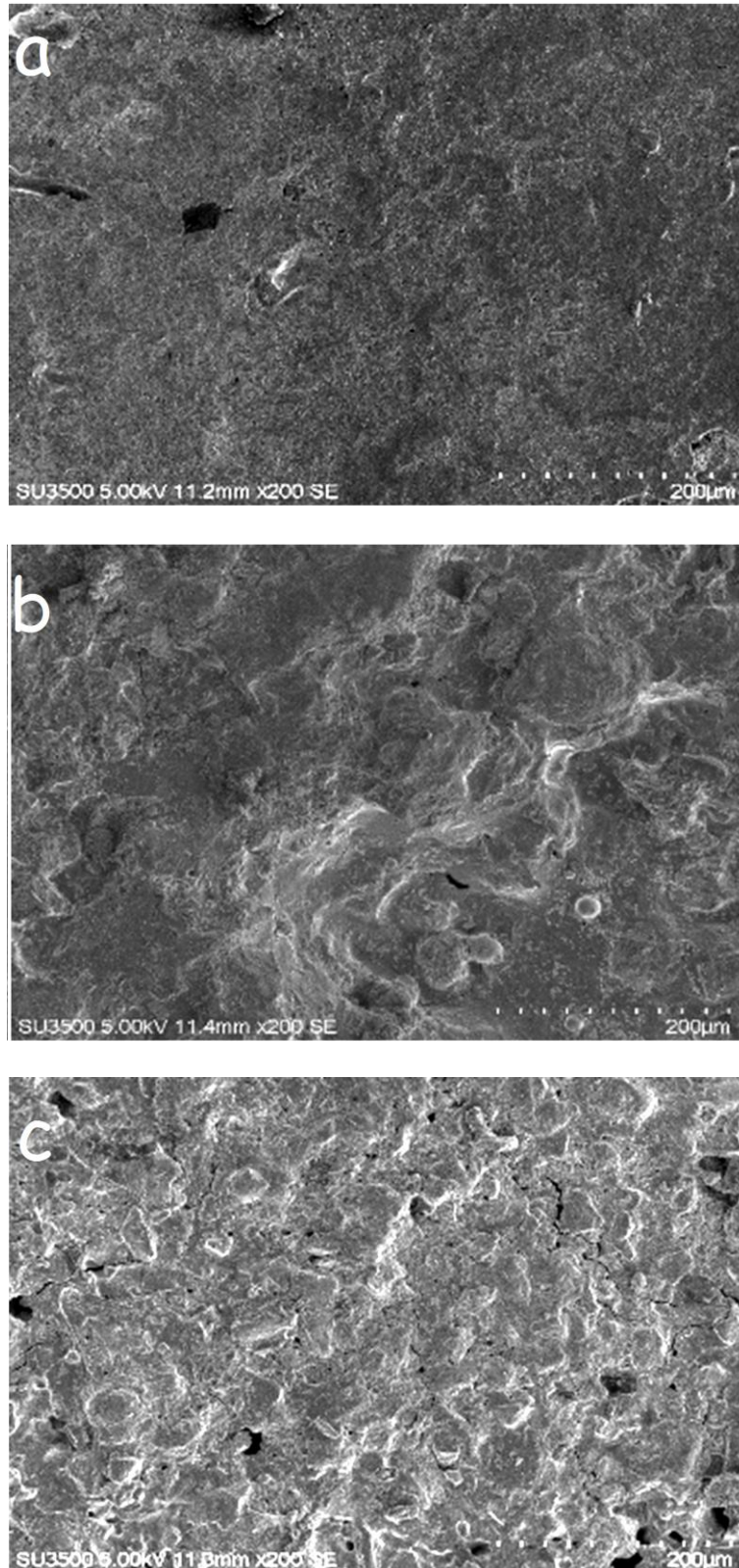
Gambar 5. Grafik hasil uji ketahanan air *ceramic coating*

Hasil uji ketahanan air menunjukkan *ceramic coating* dengan partikel SiC dan tanpa partikel SiC semakin tahan air dengan semakin lamanya waktu *heat treatment*. Sedangkan dengan penambahan partikel SiC *ceramic coating* semakin tidak tahan air. Sebab fasa *berlinite* terbentuk dari reaksi MAP dengan alumina dan dengan proses *heat treatment* di 220 °C, dimana fasa *berlinite* merupakan fasa yang tidak larut dalam air [4]. Sehingga jumlah alumina yang digunakan akan berpengaruh pada jumlah *berlinite*.



Gambar 6. Permukaan *ceramic coating* tanpa SiC a) 1 jam, b) 3 jam, c) 5 jam

Pengaruh Waktu Heat Treatment Terhadap Karakteristik Ceramic Coating Berpengikat Fosfat pada Baja Karbon Rendah



Gambar 7. Morfologi permukaan *ceramic coating* dengan SiC a) 1 jam, b) 3 jam, c) 5 jam

Morfologi permukaan *ceramic coating* dengan partikel SiC dan tanpa partikel SiC diamati dengan SEM, terlihat dengan semakin lamanya waktu *heat treatment* permukaan semakin tidak rata. Hal ini disebabkan oleh penyusutan yang terjadi selama proses *heat treatment*

[10]. Sehingga partikel keramik semakin nampak ke permukaan. *Vacancy* dan *crack* yang terbentuk juga semakin banyak. Hal ini disebabkan oleh penguapan air yang terjadi selama waktu *heat treatment* [7].

4 KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian pengaruh waktu *heat treatment* terhadap karakteristik *ceramic coating* berpengikat fosfat pada baja karbon rendah adalah:

1. Semakin lama waktu *heat treatment*, nilai *erosion rate* dan *losses* ketahanan air semakin rendah, untuk *ceramic coating* dengan SiC ataupun tanpa SiC.
2. Pada variasi waktu *heat treatment* selama 5 jam, dihasilkan *ceramic coating* dengan *erosion rate* terkecil, dengan partikel SiC sebesar 7,5 mg/Kg dan tanpa partikel SiC sebesar 14,2 mg/Kg.
3. Pada variasi waktu *heat treatment* selama 5 jam, dihasilkan *ceramic coating* dengan ketahanan air paling baik. Didapatkan *losses ceramic coating* dengan partikel SiC sebesar 0,077% dan tanpa partikel SiC sebesar 0,074%.

5 REFERENSI

- [1] G. Aggen *et al.*, *ASM Handbook, Volume 1, Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys Section: Publication Information and Contributors*, vol. 1. 2005.
- [2] D. Idamayanti, D. Ginanjar, B. Bandanadjaja, W. Purwadi, and N. Lilansa, "Erosion behaviour of alumina ceramic coating on mild steel by the modified composition of phosphate binder," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 541, no. 1. pp. 012026 1–8, 2019.
- [3] D. Chen, L. He, and S. Shang, "Study on aluminum phosphate binder and related Al₂O₃-SiC ceramic coating," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 348, no. 1–2, pp. 29–35, 2003.
- [4] D. Williams, "Chemically bonded phosphate ceramics," *PCI-Paint and Coatings Industry*, vol. 28, no. 2. pp. 15–27, 2012.
- [5] E. Colonetti, E. Hobold Kammer, and A. De Noni Junior, "Chemically-bonded phosphate ceramics obtained from aluminum anodizing waste for use as coatings," *Ceram. Int.*, vol. 40, no. 9 PART A, pp. 14431–14438, 2014.
- [6] D. Idamayanti, I. L. Nurhakim, B. Bandanadjaja, W. Purwadi, and N. Lilansa, "Improvement of erosion resistance of alumina-phosphate ceramic coating on mild steel by SiC addition," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, vol. 541, no. 1.
- [7] F. J. Gonzalez and J. W. Halloran, "REACTION OF ORTHOPHOSPHORIC ACID WITH SEVERAL FORMS OF ALUMINUM OXIDE.," *Am. Ceram. Soc. Bull.*, vol. 59, no. 7, 1980.
- [8] A. W. Ruff and S. M. Wiederhorn, "Erosion by solid particle impact.," *TREATISE Mater. Sci. Technol.*, vol. 16, Erosi, pp. 69–126, 1979.
- [9] A. V Levy and P. Chik, "The effects of erodent composition and shape on the erosion of steel," *Wear*, vol. 89, no. 2, pp. 151–162, 1983.
- [10] J. Willis, T. A. Seitz, S. J. Null, and J. W. Bohlen, "Method of Controlling Drying Stresses by Restricting Shrinkage of Ceramic Coating," vol. 2, no. 12, pp. 4–7, 2003.