



Pengaruh waktu *heat treatment* terhadap karakteristik *ceramic coating* berpengikat fosfat pada baja karbon rendah

The effect of heat treatment time on characteristics of phosphate-bonded ceramic coating on low carbon steel

B. Bandanadjaja¹, D. Idamayanti¹, A. Yosafat²

¹Dosen Jurusan Teknik Pengecoran Logam, Politeknik Manufaktur Bandung, Jl. Kanayakan No. 21, Kota Bandung, 40135.

²Mahasiswa Jurusan Teknik Pengecoran Logam, Politeknik Manufaktur Bandung, Jl. Kanayakan No. 21, Kota Bandung, 40135.

*E-mail: andreasyosafat41@gmail.com

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:
Received
Accepted
Available online

Keywords:
Ceramic Coating
Heat Treatment
Berlinite



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.

1. PENDAHULUAN

Material St-37 digolongkan sebagai baja karbon rendah memiliki *form ability* yang baik, karena memiliki matrix *ferritic* (Aggen et al. 2005). Namun, material St-37 memiliki ketahanan erosi yang rendah dengan nilai *erosion rate* sebesar 20 mg/Kg (Ginjar 2018). 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 (Chen, He, and Shang 2003).

Ceramic coating diaplikasikan dengan metoda CBPC yang dibentuk dengan reaksi antara kation logam dan anion fosfat (Wagh 2007). *Aluminium phosphate ceramic* merupakan salah satu jenis dari metoda CBPC, dimana *heat treatment* dengan temperatur yang rendah dibutuhkan untuk mencapai ikatan kimia (Colonetti, Hobold Kammer, and De Noni Junior 2014). Fasa pengikat yang paling efektif dari sintesis *aluminium phosphate ceramic* adalah *monoaluminium phosphate* (Chen et al. 2003). Setelah melalui proses *heat treatment* pada temperatur rendah akan menghasilkan fasa *berlinite* sebagai fasa yang mengikat antara partikel *ceramic* (Wagh 2007).

Berdasarkan hasil penelitian Nurhakim (Nurhakim 2008) dan Ginjar (Ginjar 2018) 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. Nurhakim (Nurhakim 2008) dan Ginjar (Ginjar 2018) 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.

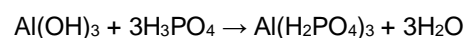
2. METODE PENELITIAN

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.

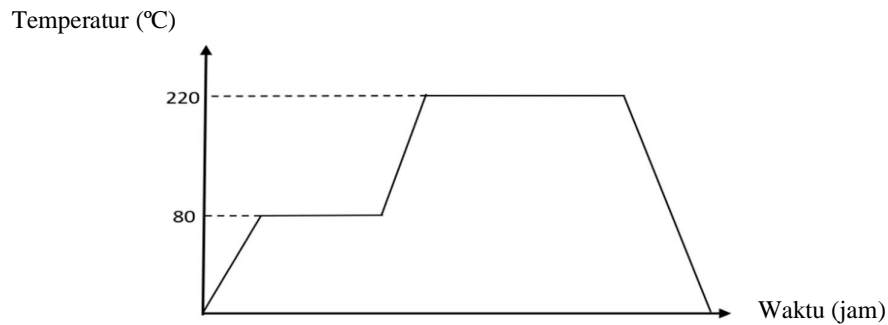
Tabel 1 Komposisi *Ceramic Coating* dengan partikel SiC

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:



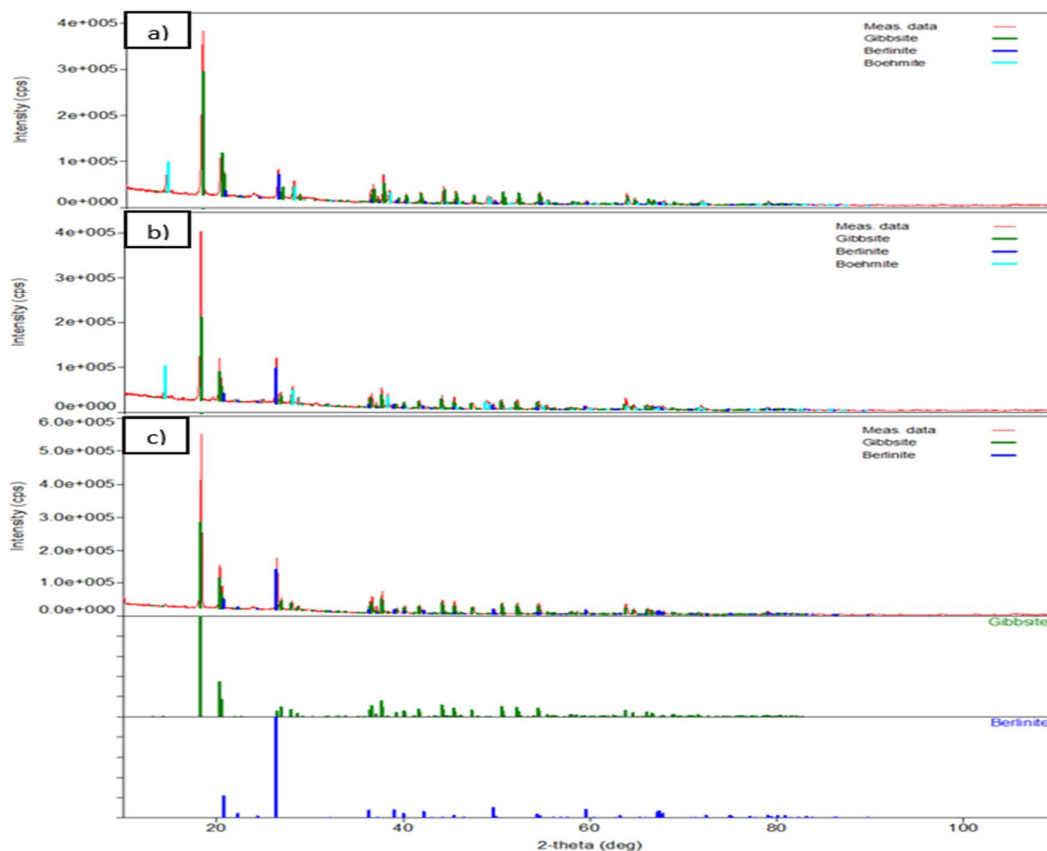
Binder yang sudah jadi kemudian dicampur dengan partikel keramik. Sehingga, dihasilkan 2 jenis ceramic coating, yaitu dengan partikel SiC (60%) + Al₂O₃ (40%) dan partikel Al₂O₃ 100%. Ceramic coating diaplikasikan dengan metode pengkuasan pada permukaan baja karbon rendah yang sudah dibersihkan dengan *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

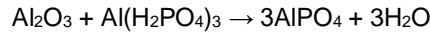
Pengujian XRD dilakukan untuk mengetahui komposisi ceramic coating berpengikat fosfat dengan partikel SiC dan tanpa partikel SiC. Didapatkan hasil sebagai berikut:



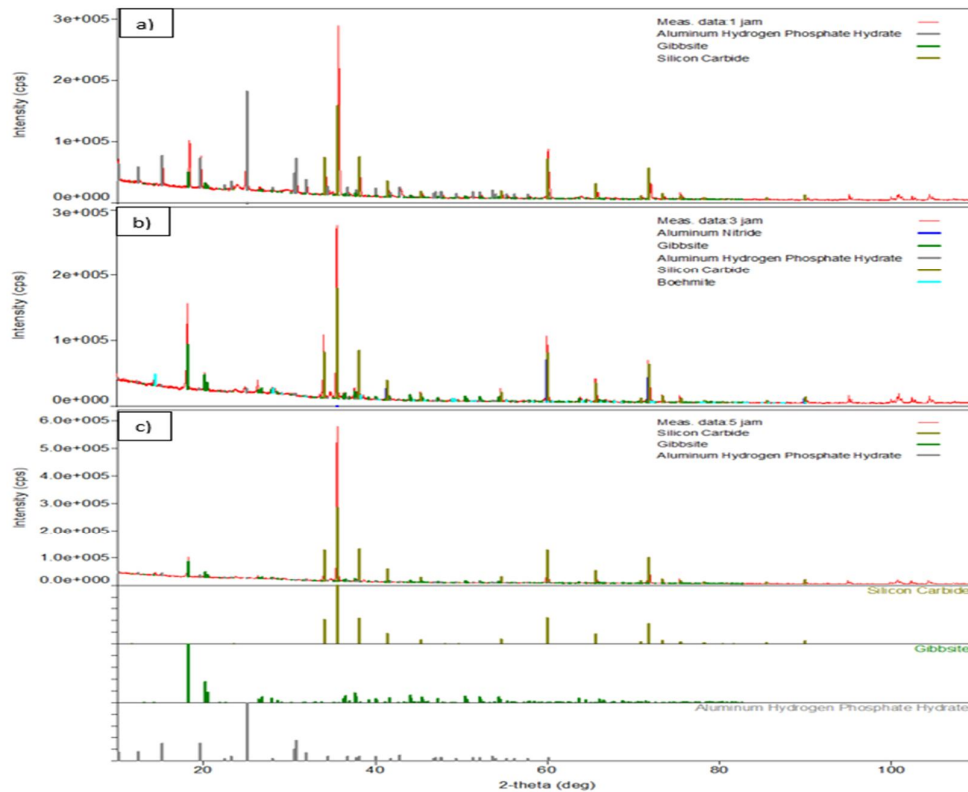
Gambar 2. Hasil XRD ceramic coating tanpa SiC a) 1 jam, b) 3 jam, c) 5 jam

Pada hasil XRD didapatkan *peak berlinite* (AlPO₄), yang menjadi fasa pengikat antar partikel. *Berlinite* merupakan hasil transformasi dari MAP setelah *heat treatment* pada temperatur 220 °C (Chen et al. 2003). Dari hasil XRD terlihat bahwa semakin lamanya waktu *heat treatment* jumlah *berlinite*

semakin banyak. *Berlinite* juga terbentuk dari hasil reaksi alumina dengan MAP (Gonzalez and Halloran 1980)



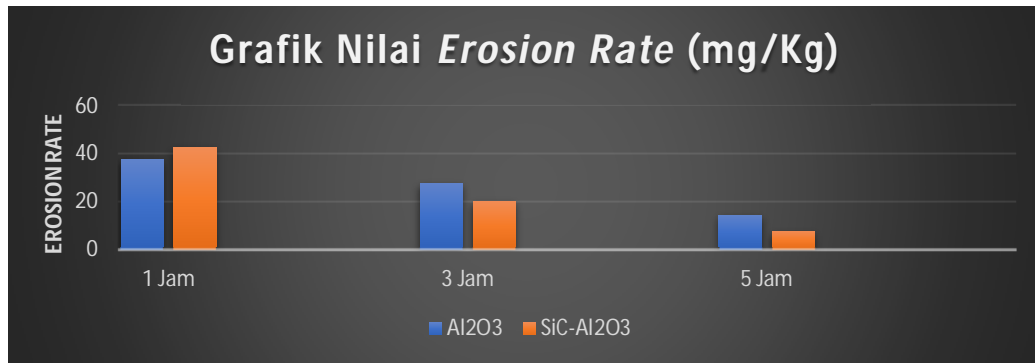
Gibbsite merupakan salah satu bentuk dari alumina, yang memiliki kelarutan diatas temperatur pembentukan *berlinite* (Wagh 2007). Sedangkan *boehmite* merupakan bentuk alumina yang memiliki kelarutan dibawah temperatur pembentukan *berlinite* (Wagh 2007).



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

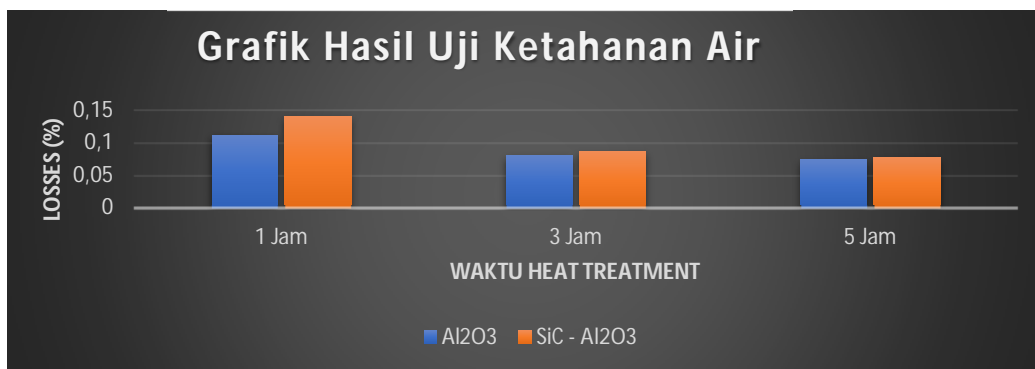
Pada hasil XRD 1 jam terlihat *peak* MAP yang tinggi, menunjukkan banyaknya jumlah MAP. Namun, pada waktu 3 jam dan 5 jam jumlah MAP sangat sedikit. Tidak adanya *peak berlinite* diduga karena mesin XRD tidak dapat membaca jumlah *berlinite* yang terlalu sedikit. Akan tetapi, dengan berkurangnya MAP seharusnya ada fasa lain yang terbentuk, yaitu *berlinite* yang terbentuk dengan *heat treatment* pada temperatur 220 °C (Chen et al. 2003).

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* (Wagh 2007). Sehingga masih terdapat *peak boehmite* pada 3 jam waktu *heat treatment*. Pada waktu 1 jam seharusnya masih terdapat *peak boehmite*, akan tetapi diduga *boehmite* terutup oleh MAP.



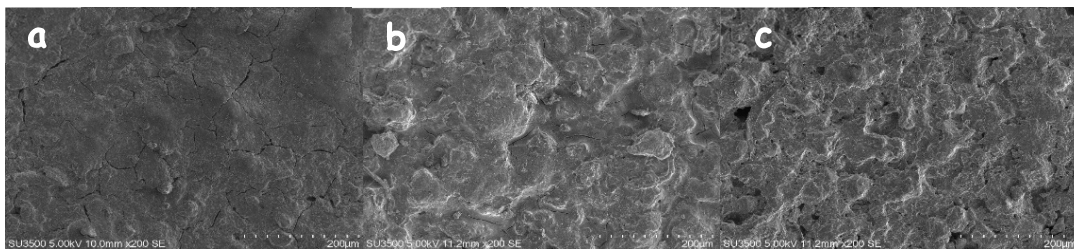
Gambar 4. Grafik nilai *erosion rate ceramic coating*

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 (Ruff and Wiederhorn 1979). Kekerasan SiC dalam skala Moh's >9, sedangkan kekerasan *erodent material* (alumina) sebesar 9 (Levy and Chik 1983).

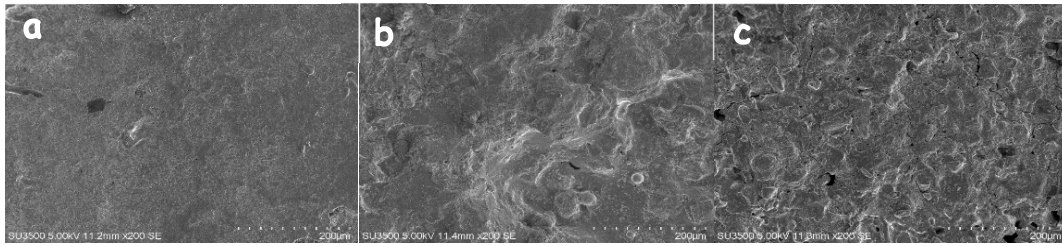


Gambar 5. Grafik hasil uji ketahanan air *ceramic coating*

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 (Wagh 2007). 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



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* (Willis et al. 2003). 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* (Gonzalez and Halloran 1980).

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%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis pada kesempatan ini mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu baik berupa materi maupun pikiran sehingga penelitian dan paper ini dapat terselesaikan. Yang kedua penulis mengapresiasi Jurusan Teknik Pengecoran Logam di Politeknik Manufaktur Bandung atas fasilitas yang dipergunakan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aggen, G., Frank W. Akstens, C. Michael Allen, P. Babu, Alan M. Bayer, Felix Bello, M. Blair, Bruce Boardman, and Kurt W. Boehm. 2005. *ASM Handbook, Volume 1, Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys Section: Publication Information and Contributors*. Vol. 1.
- Chen, Dachuan, Liping He, and Shouping Shang. 2003. "Study on Aluminum Phosphate Binder and Related Al₂O₃-SiC Ceramic Coating." *Materials Science and Engineering A* 348(1-2):29-35.
- Colonetti, Emerson, Eduardo Hobold Kammer, and Agenor De Noni Junior. 2014. "Chemically-Bonded Phosphate Ceramics Obtained from Aluminum Anodizing Waste for Use as Coatings." *Emerson Colonetti, Eduardo Hobold Kammer, Agenor De Noni Junior* 40(9 PART A):14431-38.
- Ginanjar, Dia. 2018. "Teknologi Alumina Ceramic Coating Berpengikat Fosfat Untuk Perlindungan Erosi Baja Karbon Rendah."
- Gonzalez, Francisco J. and John W. Halloran. 1980. "Reaction of Orthophosphoric Acid With Several Forms of Aluminum Oxide." *American Ceramic Society Bulletin* 59(7).
- Levy, Alan V. and Pauline Chik. 1983. "The Effects of Erodent Composition and Shape on The Erosion of Steel." *Wear* 89(2):151-62.
- Nurhakim, Ilham Lukman. 2008. "Aplikasi Al₂O₃ - SiC Ceramic Coating Pada Baja Karbon Rendah Untuk Meningkatkan Ketahanan Erosi."
- Ruff, A. W. and S. M. Wiederhorn. 1979. "Erosion by Solid Particle Impact."
- Wagh, Arun S. 2007. "Chemically Bonded Phosphate Ceramics Twenty-First Century Materials with Diverse Applications." *Chemically Bonded Phosphate Ceramics* 15-27.
- Willis, John, Thomas A. Seitz, Steven J. Null, and James W. Bohlen. 2003. "Method of Controlling Drying Stresses by Restricting Shrinkage of Ceramic Coating." 2(12):4-7.