

## Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Densitas dan Ukuran Kristal Barium Heksaferite Berbasis Pasir Besi

Achmad Arif Ichwani<sup>1</sup>, Rahmat Doni Widodo<sup>1</sup>

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

### Info Artikel

#### Sejarah Artikel:

Diterima 02 04 2020  
Disetujui 08 04 2020  
Dipublikasikan 10 04 2020

#### Keywords:

Sintering; Densitas; Ukuran Kristal; Bariumheksaferite; pasir besi

### Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperature sintering terhadap densitas dan ukuran kristal barium heksaferit berbasis pasir besi. Pasir besi dari pantai selatan purworejo diuji XRD untuk mengetahui senyawa yang terkandung. Pasir besi tersebut juga disaring secara mekanik menggunakan magnet permanen sebanyak 35 kali dan kemudian dipanaskan pada temperature 800°C selama 5 jam. Pasca dipanaskan, serbuk pasir besi di uji kembali menggunakan XRD dan kemudian pasir besi hasil pemanasan dicampur dengan barium kormonat ( $BaCo_3$ ) dengan *shaker mill* selama 3 jam. Serbuk campuran lalu dikompaksi dengan tekanan 5 ton. Sampel yang berbentuk pelet lalu di-*sintering*, pelet lalu diuji densitas dengan menggunakan metode Archimedes. Ukuran kristal pelet diperoleh menggunakan metode XRD *line boardening analysis* dengan metode *Deby-Scherrer*. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa pelet yang *disintering* 1200°C memiliki nilai densitas rata-rata yang tertinggi yaitu 4,12 g/cm<sup>3</sup> dan juga menghasilkan ukuran kristal terbesar yaitu 64,29 nm. Meningkatnya temperatur *sintering* sampai 1200°C dapat meningkatkan nilai densitas dan ukuran kristal.

### Abstract

The purpose of this study was to determine the effect of sintering temperature on the density and crystal size of barium hexaferite based on iron sand. Iron sand from the south coast of Purworejo tested XRD to find out the compounds it contained. The iron sand was also processed mechanically using a permanent magnet 35 times and then heated at 800°C for 5 hours. After being heated, the iron sand powder was tested again using XRD and then the heated iron sand was mixed with barium cormonate ( $BaCo_3$ ) with a shaker mill for 3 hours. The mixed powder is then compacted with 5 tons of pressure. Samples in the form of pellets were then sintered, then the pellets were tested for density using the Archimedes method. Crystal pellet sizes were obtained using the XRD line boardening analysis method with the Deby-Scherrer method. The results of this study found that pellets sintered at 1200°C had the highest average density value of 4.12 g/cm<sup>3</sup> and also produced the largest crystal size of 64.29 nm. Increasing the sintering temperature up to 1200°C can increase the density value and crystal size.

## PENDAHULUAN

Persebaran pasir besi di Indonesia sangatlah melimpah khususnya di pesisir pantai selatan pulau Jawa (Hilman dkk, 2014). Pada umumnya pasir besi hanya dijadikan sebagai bahan bangunan, padahal pasir besi mengandung bahan mineral magnetik yang merupakan basis untuk pengembangan alat elektronik dalam kehidupan modern (Purwanto, 2008 dan Idayanti dkk, 2002).

Pada pasir besi terkandung beberapa anggota besi oksida, diantaranya magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), maghemit ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) dan hematit ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ). Maghemit dan hematit memiliki komposisi kimia yang sama ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) akan tetapi memiliki struktur kristal yang berbeda (Aji dkk, 2007; Muhajir dkk, 2015 dan Mambu dkk, 2000). Senyawa hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) ini sangat potensial untuk dijadikan material magnet berbasis ferit. Pada umumnya ferit dibagi menjadi tiga kelas yaitu ferit lunak, ferit keras, dan ferit berstruktur garnet. Hasil dari olahan pasir besi dapat menghasilkan magnet keras (*hard magnet*) dan magnet lunak (*soft magnet*). Dalam industri salah satu magnet keras (*hard magnet*) yang biasanya digunakan adalah barium ferit ( $\text{BaFe}_{12}\text{O}_9$ ) dan strontium ferit ( $\text{SrFe}_{12}\text{O}_9$ ) (Thompson, 1969 dan Wicaksono dkk, 2013). Material BHF dapat diaplikasikan pada komponen otomotif seperti *stater motor*, *window motor*, *viper motor*, *compressor motor*, *audio automotive device*, dan lain-lain. dapat diaplikasikan pada komponen otomotif seperti *stater motor*, *window motor*, *viper motor*, *compressor motor*, *audio automotive device*, dan lain-lain.

Untuk mendapatkan magnet permanen dengan kualitas yang baik, proses *sintering* merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi karakteristik sifat magnet. Ukuran kristal sangat mempengaruhi sifat magnetik bahan. Pertumbuhan kristal yang besar akan merugikan karena turunnya harga koersifitas, sedangkan untuk menghasilkan koersifitas yang besar ukuran kristal haruslah kecil (Muhajir dkk, 2015; Jayanti dkk, 2013; Simbolo dkk, 2013 dan Billah, 2006). Untuk mendapatkan ukuran partikel dan kristalin BHF yang optimum pada proses pencampuran/*milling* material dasar yaitu serbuk  $\text{BaCO}_3$  dan  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  dapat dilakukan dengan menggunakan metode *mechanical alloying*. Pengendalian ukuran partikel dan kristalin  $\text{Ba}_0.6\text{Fe}_2\text{O}_3$  dapat dengan mudah dilakukan dengan metode ini, dengan cara mengatur lamanya waktu pencampuran/*milling*. Keunggulan lain dari metode *mechanical alloying* ini adalah relatif ekonomis, dan dapat memproduksi material dalam jumlah besar.

Pada penelitian ini melaporkan pengaruh temperatur *sintering* terhadap densitas dan ukuran kristal material barium heksaferit berbasis pasir besi yang dijadikan sebagai material magnet permanen dengan metode yang sederhana dan murah.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan variasi kecepatan superfisial *crude oil* dengan kecepatan superfisial air konstan untuk mendapatkan karakteristik dan parameter pola aliran *plug* melalui *image processing*. Penelitian ini menggunakan pipa *acrylic* transparan berdiameter dalam 19 mm dan diambil dengan *high speed video camera* dengan kecepatan pengambilan 400 *fps*. Kemudian data diolah menggunakan *software* Virtual Dub dan CorelDraw X7.



**Gambar 1.** Diagram Skematis Rangkaian Peralatan Eksperimen

Prosedur yang dilakukan dalam pengambilan dan pengolahan data diawali dengan mengkalibrasi alat ukur yang dilanjutkan dengan memasang instalasi peralatan dan listrik. Jika tandon telah diisi air maka pompa dinyalakan untuk menyalurkan air ke penampung menuju sesi. Kompresor dihidupkan, untuk mengatur debit udara yang dibutuhkan dengan menyetel katup pada *flowmeter crude oil*. Selanjutnya, pompa dari saluran tendon dinyalakan dan katup pada *flowmeter* air dibuka perlahan-lahan hingga mencapai debit yang telah ditentukan, kemudian catat kecepatan *superfisial* air ( $J_L$ ). Dengan menjaga  $J_L$  konstan, katup *crude oil* dibuka secara perlahan-lahan sampai mendapatkan pola aliran *plug* sesuai dengan matriks penelitian pada Tabel 1. Untuk mempermudah pengambilan data dan memperjelas laju aliran, lampu pada sesi uji dinyalakan yang dilanjutkan dengan melakukan pengambilan data visualisasi dengan kamera kecepatan tinggi (400 fps) pada debit air dan *crude oil* yang telah ditentukan. Data hasil rekaman kamera video diolah menggunakan *software Virtual Dub* dan *CorelDraw X7*. Pengambilan data dilakukan 3 kali untuk setiap matriks penelitian, yang selanjutnya dari 3 kali uji coba dicari nilai rata-ratanya lalu dianalisa.

**Tabel 1.** Matriks Penelitian Pola Aliran *Plug*

$Q_L$ (Lpm)	$J_L$ (m/s)	$Q_o$ (Lpm)				
		0,25	0,96	2,33	4,13	6,56
		$J_o$ (m/s)				
		0,118	0,236	0,353	0,471	0,589
15	0,883	√	√	√	√	√
19	1,178	√	√	√	√	√
21	1,472	√	√	√	√	√
27	1,767	√	√	√	√	√
34	2,061	√	√	√	√	√

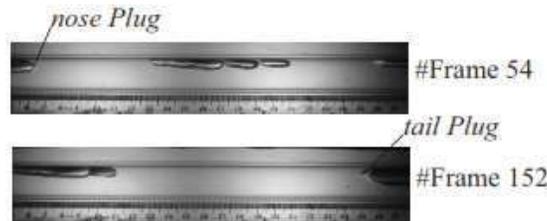
**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**1. Karakteristik kecepatan *plug***

Pengukuran kecepatan *plug* menggunakan persamaan Van Hout dkk (2002) yaitu :

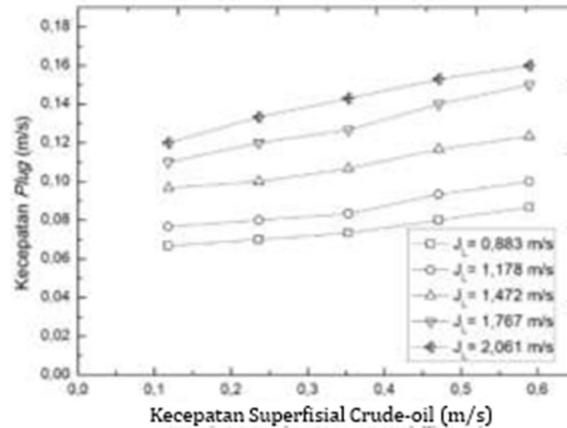
$$U_{tr} = \frac{(pix1 - pix2)}{\Delta_{framea}} pixelsize \quad (400fps)$$

Salah satu contoh dari perhitungan kecepatan *plug* pada  $J_o = 0,118$  m/s dan  $J_L = 0,883$  m/s pada percobaan pertama adalah pada Gambar 4.4 berikut:



**Gambar 2.** Perhitungan Kecepatan Oil *Plug* Menurut Van Hout, dkk (2002)

Selanjutnya pada Gambar 2. dapat diketahui kecepatan kantung *crude oil* yang melalui pipa sesi uji dengan  $J_o$  dan  $J_L$  yang berbeda.

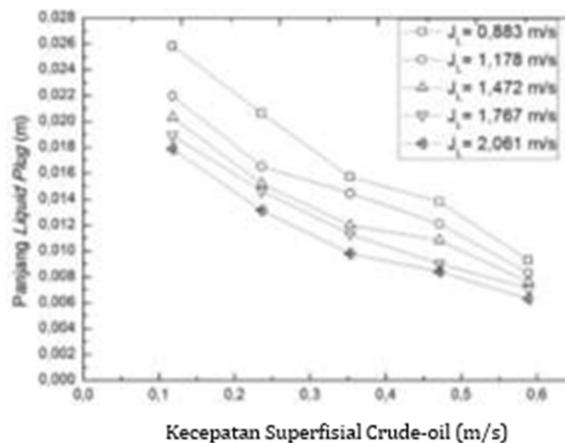


**Gambar 3.** Hubungan Kecepatan Superfisial terhadap Kecepatan Plug

Pada Gambar 3 dapat dilihat hasil dari kecepatan *plug* terhadap variasi kecepatan superfisial *crudeoil*. Kecepatan *plug* mengalami kenaikan baik pada peningkatan kecepatan superfisial air maupun peningkatan kecepatan superfisial *crude oil*. Hal tersebut terjadi karena bergabungnya kantung cairan dengan *crude oil* yang terdispersi atau mengalami aerasi dalam sistem aliran yang diamati. Awalnya pada pipa horisontal, fase air berada pada bagian bawah penampang pipa dan fase *crude oil* terpisah di bagian atasnya, ini terjadi dikarenakan masa jenis *crude oil* lebih kecil daripada masa jenis air. Seiring dengan peningkatan kecepatan superfisial masing-masing fase dan karena kedua fase bergerak searah, kantung udara tersebut akan mendorong kantung cairan yang memenuhi penampang pipa.

## 2. Karakteristik panjang *liquid plug*

Pada Gambar 4. memberikan hasil data panjang *liquid plug* yang menurun pada setiap perubahan kecepatan superfisial air ( $J_a$ ). Meskipun demikian dapat dikatakan bahwa, seiring dengan peningkatan kecepatan superfisial air maka panjang *liquid plug* mengalami kecenderungan untuk menurun. Data pertama hingga data kelima pada variasi kecepatan superfisial *crude oil* ( $J_o$ ) mengalami penurunan. Kecenderungan penurunan panjang *liquid plug* seiring dengan bertambahnya kecepatan superfisial udara dikarenakan udara yang terbentuk hingga terdispersi pada pola aliran *plug* akan semakin membesar seiring dengan bertambahnya kecepatan superfisial *crude oil*. Oil tersebut memanjang dalam pipa, akibatnya kantung yang bergabung dalam aliran juga ikut memanjang karena ikut terdorong oleh aliran *crude oil* yang bergerak searah, dan mengakibatkan panjang *liquid plug* mengalami penurunan.

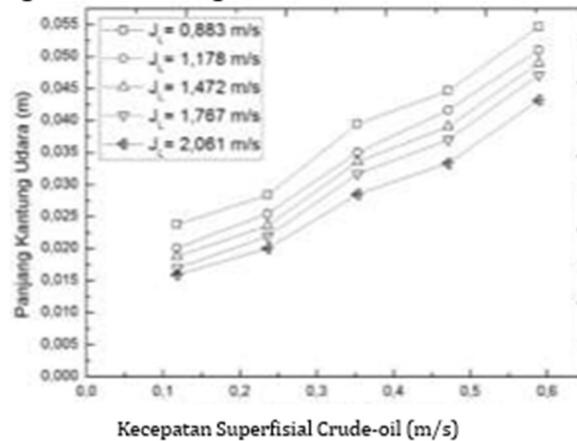


**Gambar 4.** Hubungan Panjang Liquid Plug terhadap Kecepatan Superfisial crude oil pada Variasi

## Kecepatan Superfisial Air Tetap.

**3. Karakteristik panjang kantung udara *plug***

Gambar 5. memberikan hasil data panjang kantung *plug* yang meningkat pada setiap perubahan kecepatan superfisial crude oil. Seiring dengan peningkatan kecepatan superfisial air maka panjang kantung *plug* mengalami kecenderungan untuk meningkat.

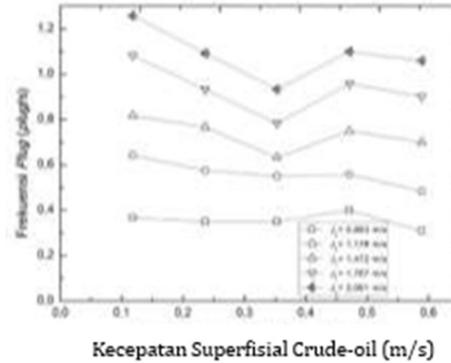


**Gambar 5.** Hubungan Perubahan Panjang Kantung *Plug* terhadap Kecepatan Superfisial *oil* dengan Kecepatan Superfisial Air Tetap.

Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa setiap variasi kecepatan superfisial *oil* pada kecepatan superfisial air mengalami peningkatan, hal ini terjadi karena kecepatan superfisial *oil* semakin besar dan kecepatan superfisial air yang tetap, maka akan didapatkan kantung *oil* yang semakin panjang.

**4. Karakteristik frekuensi *plug***

Pada Gambar 6 dapat diketahui bahwa hasil dari frekuensi aliran *plug* cenderung mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya kecepatan superfisial *crude oil* ( $J_o$ ) dengan kecepatan superfisial air ( $J_L$ ) konstan. Hal ini terjadi karena debit aliran *crude oil* meningkat, sedangkan luas dari penampang tetap, sehingga untuk menyeimbangi aliran tersebut maka kantung *oil* (*plug*) menyatu dan menjadi kantung yang panjang. Peningkatan tersebut mengakibatkan pembacaan frekuensi menjadi semakin menurun/lambat. Namun dapat dilihat pada matriks ke-empat dimana  $J_o = 0,471$  m/s terjadi anomali. Nilai frekuensi dari *plug* yang terbentuk mengalami peningkatan sehingga pembacaan dari frekuensi *plug* menjadi naik. Pada  $J_o = 0,589$  m/s, nilai dari frekuensi *plug* mengalami penurunan kembali. Pada kondisi ini kecepatan superfisial *oil* tinggi dan mengakibatkan kantung *plug* mendesak kantung *plug* lainnya, sehingga akan bertambah panjang dan mengakibatkan pembacaan frekuensinya kembali menurun. Namun, jika diperhatikan kembali, pada  $J_L = 0,883$  m/s, nilai dari frekuensi mengalami penurunan yang sangat sedikit. Hal ini terjadi karena kecepatan superfisial air yang kecil mengakibatkan kantung udara yang melewati pipa sesi uji hanya sedikit karena aliran tersebut bergerak lambat, namun jika pada  $J_L$  yang tinggi penurunan frekuensi terhadap variasi  $J_o$  mengalami penurunan yang drastis, karena aliran tersebut bergerak sangat cepat, sehingga kantung *oil* yang melewati sesi uji juga semakin banyak.



**Gambar 6.** Hubungan Frekuensi *Plug* dengan Variasi Kecepatan Superfisial *crude oil* dengan Kecepatan Superfisial Air Konstan.

Namun sebaliknya nilai frekuensi *plug* terjadi seiring bertambahnya kecepatan superfisial air. Hubungan tersebut secara jelas dapat dilihat pada. Frekuensi *plug* mengalami peningkatan disebabkan adanya penambahan jumlah debit atau massa air yang masuk dalam sesi uji seiring bertambahnya kecepatan superfisial air. Hal ini terjadi karena untuk melakukan penyeimbangan penambahan massa air dalam penampang pipa sesi uji, maka cairan dalam aliran pipa akan bergerak lebih cepat dan langsung berdampak terhadap jumlah cairan *plug* yang muncul dalam sesi uji yang diamati, akibatnya frekuensi dari cairan *plug* akan bertambah.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian, maka penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dengan metode image processing dapat menghasilkan hasil pengolahan data pola aliran *plug* dengan frame-frame dari video hasil pengambilan data.
2. Meningkatnya  $J_0$  pada  $J_L$  tetap mengakibatkan panjang kantung *plug* dan kecepatan *plug* cenderung meningkat, sedangkan panjang liquid *plug* dan frekuensi cenderung menurun.
3. Untuk karakteristik kecepatan *plug* pola aliran *plug* pipa horisontal akan mengalami peningkatan. Pada karakteristik frekuensi *plug* akan mengalami penurunan seiring bertambahnya kecepatan superfisial oil ( $J_0$ ).

## DAFTAR PUSTAKA

- Baker, O. 1954. Design Of Pipelines For The Simultaneous Flow of Oil And Gas. Journal of Petroleum Technology, 323-G: 1—16.
- Bendiksen, K. H. ,1984. An Experiment Investigation of The Motion of Long Bubbles in Inclined Tubes. International Journal. Multiphase Flow, 10: 467-483.
- Lamari, L. M. 2001. An Experimental Investigation of Two-Phase (Air-water) Flow Regimes in a Horizontal Tube at Near Atmospheric Conditions. Thesis. Canada: Carleton University.
- Majid, I.A., Dinaryo, O., Hartarto, B., Deendarlianto, dan Indarto. The Application of the Image Processing Technique to Analyze the Flow Structure of the Horizontal Air-Water Plug Two-Phase Flow. Yogyakarta.
- Majid, I.A., Dinaryo, O., Deendarlianto, dan Indarto. 2014. Quantitative Visualization of the Wave Characteristics for Horizontal Co-Current Gas-Liquid Plug Two Phase Flow by Using an Image Processing Technique. Proceeding Seminar Nasional Thermofluid VI. 212-217.
- Majid, I.A., Dinaryo, O., Hartarto, B., Deendarlianto, dan Indarto. 2015. The Application of The Image Processing

- Teechnique to Analyze the Flow Structure of The Horizontal Air-Water Plug Two-Phase Flow. Proceeding.
- Mandhane, J.M., Gregory, G.A. dan Aziz, K. 1974. A Flow Pattern Map For Gas Liquid Flow in Horizontal Pipes. *International Journal Multiphase Flow*, 1: 537-553.
- Maulana, S. 2013. Studi Eksperimental Pengaruh Perubahan Suhu terhadap Parameter Aliran Slug Dengan Menggunakan Gelombang Ultrasonik pada Pipa Horizontal. Tesis. Jogjakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Monni, Grazia., De Salve, M., Panella, B. 2014. Horizontal Two-Phase Flow Pattern Recognition. *Experimental Thermal and Fluid Science*. 59: 213-221.
- Ruder, Z dan Hanratty. 1989. A Definiton of Gas-Liquid Plug Flow in Horizontal Pipes. *International Jurnal Multiphase Flow*. 16, 2: 233 – 242.
- Snoek, C. W. 1990. A Selection of New Developments in Multiphase Flow Measurement Techniques. *Experimental Thermal and Fluid Science*. 3:60-73.
- Taitel, Y., Lee, N. dan Dukler, A,E. 1978. Transient Gas Liquid Flow in Horizontal Pipes: Modeling the Flow Pattern Transitions. *AIChE Journal*, 24/5: 920—933.
- Van Hout, R, dkk. 2002. Translational Velocities of Elongated Bubbles in Continuous Slug Flow. *International Journal of Multiphase Flow* 28: 1333–1350
- Wallis, G.B. 1969. *One-Dimensional Two Phase Flow*. McGraw-Hill, New York.
- Widarmiko, N. 2012. Visualisasi Aliran Plug Air-Udara Searah Pada Pipa Horizontal. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Widayana, G. Studi Eksperimental dan Numerik Aliran Dua Fase (Air-Udara) Melewati Elbow 30° dari Pipa Vertikal Menuju Pipa dengan Sudut Kemiringan 60°. Tesis. Surabaya: Institut Teknologi Surabaya.