



Pembuatan Magnet Paduan Ferro Nikel pada Komposisi: Fe 70% dan Ni 30% Melalui Teknik Metalurgi Serbuk dan Karakterisasinya

Muljadi^a, Djuhana^b dan Sunardi

*Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang
 Jl. Surya Kencana No. 1 Pamulang, Tangerang Selatan, Banten 15417, Indonesia*

E-mail: ^adosen01545@unpam.ac.id, ^bdjuhana828@gmail.com

Masuk : 20 Agustus 2018

Direvisi : 25 September 2018

Disetujui : 3 November 2019

Abstrak: Paduan ferro nikel sebagai bahan magnet dibuat dengan menggunakan metode metalurgi serbuk dengan variasi waktu *milling* 15, 30 dan 45 menit serta suhu *sintering* 1200 dan 1300°C. Metode ini menggunakan 10 gram serbuk paduan Fe dan Ni dengan komposisi Fe 70% berat dan Ni 30% berat. Serbuk dicampur dan kemudian dihancurkan menggunakan *High Energy Milling* selama 15 menit, 30 menit, dan 45 menit. Selanjutnya dilakukan kalsinasi selama 1 jam dengan suhu 600°C. Sampel kemudian dihancurkan menggunakan mortar dan dicetak menggunakan *hydraulic press* dengan gaya sebesar 10 ton. Sampel lalu di-*sintering* pada suhu 1200°C dan 1300 °C dan ditahan selama 1 jam menggunakan tungku vakum. Karakterisasi sampel yang telah disinter meliputi pengukuran densitas, porositas, sifat magnet menggunakan VSM, dan analisa struktur kristal dengan XRD. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa paduan Ferinikel tersebut memiliki densitas tertinggi 5,67-5,98 g/cm³, porositas 1,77 – 4,31 % serta memiliki sifat magnet dengan remanensi = 3,74 – 3,83 emu/g dan koersivitas = 77,20 – 77,30 Oe pada sampel dengan waktu *milling* 45 menit dan suhu *sintering* 1200-1300°C. Maka berdasarkan hasil karakterisasi dapat dinyatakan material feronikel tergolong material magnet lunak.

Kata kunci: Ferro Nikel, metalurgi serbuk, *sintering*, kalsinasi, magnet lunak, VSM, XRD

Abstract: Ferro Nickel alloy magnets is made using powder metallurgy method with different milling time and sintering temperature variations. This method uses 10 grams of Fe and Ni alloy powder with the composition of Fe 70% wt. and Ni 30% wt. The powder is mixed and then crushed using High Energy Milling for 15 minutes, 30 minutes and 45 minutes. Then calcined for 1 hour at 600°C. Then the sample was crushed using a mortar and printed using a hydraulic press with a force of 10 tons. The sample is then sintered at 1200°C and 1300°C and held for 1 hour by using vacuum furnace. Characterization of sintered samples includes measurements of density, porosity, magnetic properties using VSM, and crystal structure using XRD. The results showed that alloy ferronickel has highest density about 5.67 – 5.98 g/cm³, lowest porosity about 1.77 – 4.31 %, and it has remanence value about 3.74 – 3.83 emu/g, coercivity value about 77.20 – 77.30 Oe at sample with 45 minutes milling time and sintered at 1200-1300°C. According the results, the ferronickel sample is a soft magnet materials.

Keywords: Ferro nickel, powder metallurgy, sintering, calcination, soft magnet, VSM, XRD.

PENDAHULUAN

Ferro nikel merupakan paduan logam besi dengan nikel yang banyak digunakan sebagai bahan magnet, bahan untuk motor listrik, turbin blade dan komponen peralatan medis [1,2]. Ada beberapa cara dalam teknologi manufaktur ferro nikel antara lain: *pyrometallurgical*, *hydrometallurgical* and *carbon process pyrometallurgical* dan *powder metallurgy* [3,4]. Komponen dari pembentuk paduan ferro nikel adalah logam Fe dan logam Nikel dengan kandungan logam nikel pada paduan ini sekitar 20 – 40% berat Ni [5].

Pada penelitian ini dibuat logam paduan ferro nikel dengan kandungan nikel 30 % berat untuk aplikasi bahan magnet melalui metoda metalurgi serbuk. Material magnet dapat dikelompokkan dalam dua grup yaitu magnet keras atau disebut sebagai magnet permanen dan magnet lunak [6]. Aplikasi magnet keras

dan magnet lunak berbeda. Material magnet lunak adalah sebuah fenomena yang menarik dan unik, keunikan inilah perlu kita kaji lebih dalam. Material magnet lunak (*ferro magnetic*) sudah terkenal sejak ratusan tahun yang lalu, tetapi sampai sekarang proses pembuatannya masih dengan proses tradisional yaitu umumnya menggunakan proses pengecoran [6], dimana logam cair dituangkan ke dalam cetakan kemudian dibiarkan mendingin dan membeku. Tetapi proses pengecoran masih banyak mengalami kelemahan dan keterbatasan yaitu, energi peleburan sangat tinggi sehingga tidak efisien, proses lama, hasil tidak maksimal, keakuratan dimensi rendah, masih ada proses lanjutan, dan terbatas pada unsur-unsur tertentu, sehingga ketika menginginkan untuk membuat magnetik paduan dari berbagai unsur atau partikel masih sulit. Untuk mencari alternatif proses produksi material magnet lunak maka perlu suatu solusi atau rekayasa proses. Ferro nikel menunjukkan perilaku superparamagnetik pada suhu kamar, yang mana sifat ini sangat penting untuk aplikasi terutama dalam bidang medis [7]. Ferro nikel merupakan material magnet lunak dengan koersivitas dan magnetisasi saturasi yang rendah tetapi memiliki resistivitas listrik yang tinggi sehingga membuat material ini sangat cocok untuk aplikasi bidang magnetik dan magneto-optik [7]. Ferro nikel menampilkan kurva histeresis yang sempit dan karenanya material ini dapat dianggap sebagai bahan inti yang baik untuk transformator daya dan aplikasi pada bidang telekomunikasi [8]. Selain itu, material ini juga dapat digunakan pada teknologi sensor gas dan kelembaban, serta sebagai bahan katalis. Sifat-sifat unik yang dimiliki oleh nanopartikel magnetik bergantung pada komposisi kimia serta karakteristik mikrostrukturnya, dimana karakteristik mikrostruktur seperti bentuk maupun ukuran partikel.

Penelitian ini dilakukan meliputi pembuatan dan karakterisasi magnet dari bahan ferro nikel dengan variasi suhu *sintering* dan waktu *milling*. Sebelum proses *sintering* dilakukan proses *preheating* atau disebut proses kalsinasi 600°C dilakukan untuk menghilangkan bahan *volatile* yang nantinya dapat menimbulkan rongga setelah proses *sintering*. Dengan demikian, hasil penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh waktu *milling* dan suhu *sintering* terhadap karakteristik magnet paduan ferro nikel.

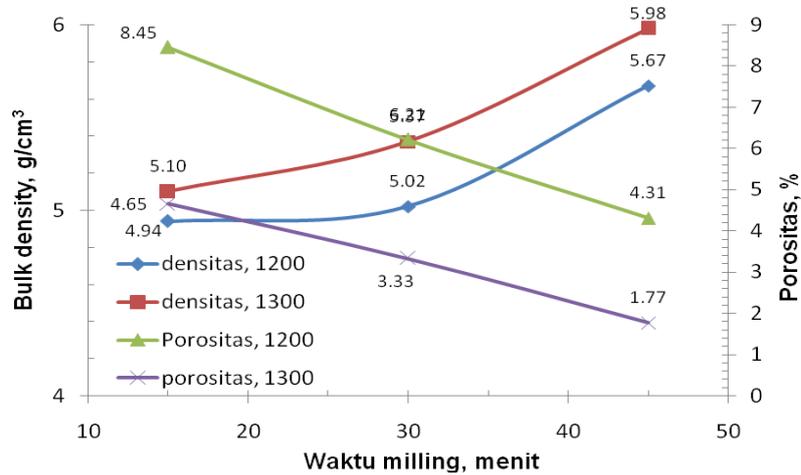
METODOLOGI

Bahan baku penelitian ini adalah serbuk Fe (p.a) dan serbuk Ni (p.a) dimana komposisi bahan ditentukan dengan perbandingan massa : Fe 70 % dan 30 Ni %. Dalam penelitian ini dilakukan variasi waktu *milling* dan suhu *sintering*. Tahapan-tahapan yang dilakukan meliputi proses pencampuran yaitu menimbang serbuk bahan baku pada neraca digital sesuai dengan kadar yang telah dihitung, mencampurkan bahan sesuai komposisi, kemudian di-*milling* dengan menggunakan HEM dengan waktu *milling* 15 menit, 30 menit, dan 45 menit. Selanjutnya dilakukan proses kalsinasi yang ditahan selama 1 jam pada suhu 600°C. Sampel yang sudah dikalsinasi dihaluskan kembali menjadi serbuk dengan menggunakan mortar. Dilanjutkan dengan proses pencetakan sampel yang dilakukan dengan menggunakan alat cetak tekan (*dry press*). Pellet dibentuk dengan gaya 10 ton karena kapasitas atau kemampuan *dies mould* yang digunakan adalah 12 tonf. Agar *dies mould* tersebut tidak rusak maka digunakan gaya dibawah kapasitas atau kemampuannya. Kemudian dilakukan proses *sintering* dengan menggunakan *Vaccum Furnace* selama 1 jam pada setiap sampel dengan suhu 1200°C dan 1300°C.

Sampel magnet ferro nikel yang telah di-*sintering* dilakukan karakterisasi. Karakterisasi yang dilakukan berupa karakterisasi sifat fisis meliputi pengujian densitas dan porositas menggunakan metoda Archimedes, analisa struktur kristal menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)* dan pengukuran sifat magnet menggunakan VSM.

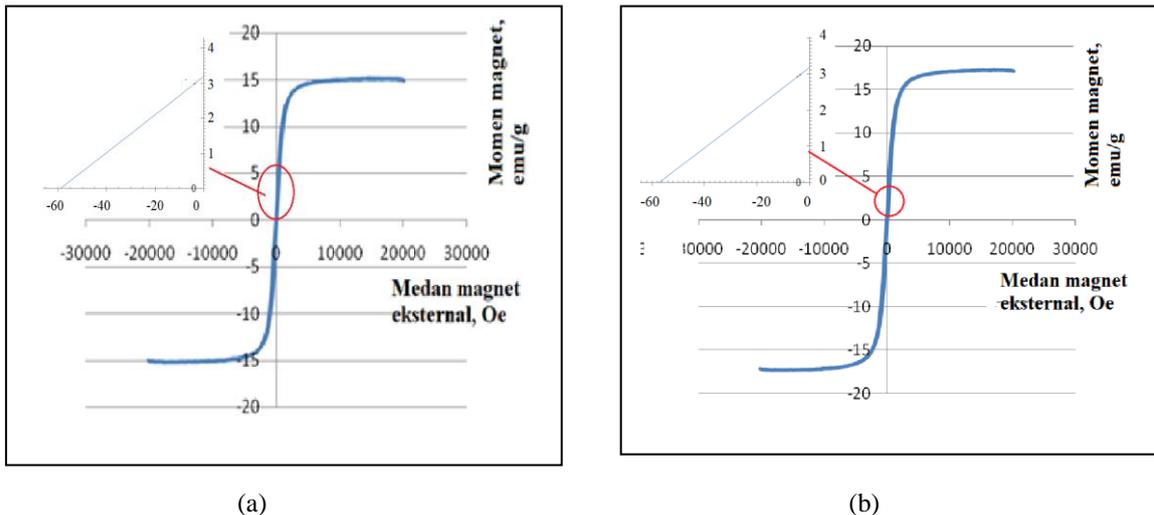
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah dilakukan variasi suhu *sintering* pada setiap sampel dengan variasi waktu *milling* pada 15, 30, dan 45 menit. Proses preparasi sampel dilakukan mulai dari penimbangan bahan baku sampai dengan proses *sintering* bahan dan dilakukan pengujian untuk mengetahui sifat dari *soft magnet* FeNi tersebut. Pengukuran densitas menggunakan metode dimensi dimana hasil perhitungan diperlihatkan pada Gambar 1. Berdasarkan hasil pengukuran *bulk* densitas dan porositas seperti terlihat pada Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin lama waktu *milling* maka densitas cenderung meningkat, karena dengan waktu *milling* yang semakin lama maka serbuk yang dihasilkan cenderung semakin halus. Bila butiran semakin halus maka kepadatan akan meningkat. Begitu pula untuk nilai porositas akan cenderung menurun dengan meningkatnya waktu *milling*. Hubungan atau korelasi waktu *milling* terhadap densitas berkaitan dengan hubungan ukuran partikel dengan densitas, dimana densitas merupakan perbandingan massa dengan volume. Jika semakin halus ukuran butir maka massa benda akan cenderung membesar, akibatnya nilai densitas meningkat. Sedangkan sampel dengan suhu *sintering* yang meningkat dari 1200°C ke 1300°C menunjukkan bahwa nilai *bulk* densitasnya cenderung meningkat dan sebaliknya nilai porositasnya cenderung menurun.



Gambar 1. Grafik hubungan densitas dan porositas terhadap waktu *milling* pada sampel yang telah di-*sintering* 1200 dan 1300°C dengan *holding time* 1 jam

Dari hasil pengukuran terlihat bahwa nilai densitas tertinggi yaitu 5.98 g/cm³ dan nilai porositas terendah tercapai sebesar 1,77 % pada sampel yang telah di-*sintering* 1300°C dengan waktu *milling* 45 menit. Secara teoritis untuk paduan Ferro nikel dengan kandungan 30% nikel memiliki densitas 8,34 g/cm³ serta porositas <0,5 % [9]. Berdasarkan hasil pengukuran densitas dan porositas, maka pengujian sifat magnet dilakukan dengan menggunakan sampel yang memiliki nilai densitas tertinggi yaitu pada sampel yang telah di-*sintering* pada suhu 1200 dan 1300°C. Pengukuran sifat magnet menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM). Untuk sampel yang telah di-*milling* 45 menit dan telah di-*sintering* pada suhu 1200 dan 1300°C diperlihatkan masing-masing pada Gambar 2a dan Gambar 2b.



Gambar 2. Kurva histeresis sampel fero nikel yang telah di-*milling* 45 menit dan di-*sintering* (a) 1200° C dan (b) 1300°C

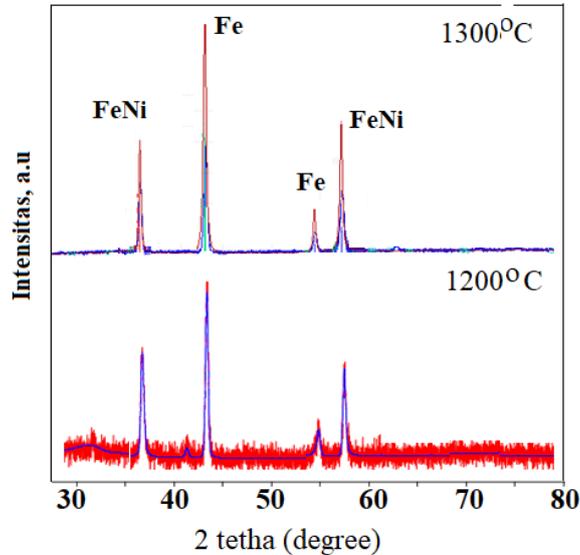
Kurva histeresis loop seperti terlihat pada Gambar 2a dan 2b merupakan hasil pengukuran dengan VSM. Pada sampel yang telah di-*sintering* pada suhu 1200 dan 1300°C menunjukkan pola histeresis loop yang sempit. Hal ini menunjukkan bahwa kedua sampel tersebut tergolong material magnet lunak. Dari data histeresis loop dapat diketahui nilai remanensi, koersivitas dan saturasi magnet yang diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai parameter sifat magnet sampel yang telah di-*milling* 45 menit serta di-*sintering* 1200°C dan 1300°C.

Suhu <i>sintering</i> , °C	Remanensi (emu/g)	Koersivitas (Oe)	Saturasi magnet (emu/g)
1200	3,18	57	15
1300	3,20	57	17,5

Nilai remanensi dan saturasi magnet pada sampel yang telah di-*sintering* 1300°C sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan sampel yang telah di-*sintering* 1200°C, namun memiliki nilai koersifitas yang sama. Nilai koersivitas yang dihasilkan untuk kedua sampel adalah kurang dari 100 Oe atau 125 kA/. Dari hasil data tersebut menunjukkan bahwa kedua sampel tersebut tergolong material magnet lunak [10,11].

Hasil analisa XRD sampel yang telah di-*milling* 45 menit dan di-*sintering* 1200 serta 1300°C diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pola difraksi sinar X dari sampel yang telah di-*milling* 45 menit serta di-*sintering* 1200°C dan 1300°C.

Berdasarkan pola difraksi sinar X dari sampel yang telah di-*sintering* 1200 dan 1300°C menunjukkan pola difraksi yang sama. Dengan pencocokan data referensi dengan data eksperimen melalui program Match diperoleh dua fasa yaitu fasa pertama adalah fasa Fe dan fasa kedua adalah fasa FeNi. Karena tidak semua atom Ni berdifusi ke atom Fe sehingga tidak terbentuk 100 % FeNi, Secara umum paduan Feronikel merupakan logam besi yang diperkuat dengan Ni melalui terbentuknya fasa FeNi [1,4].

KESIMPULAN

Paduan feronikel dengan campuran 70 % Fe dan 30 % Ni telah berhasil dibuat melalui metoda metallurgi serbuk dengan waktu *milling* 45 menit dan suhu *sintering* 1200 dan 1300°C. Dari paduan tersebut dihasilkan struktur kristal fasa Fe dan fasa FeNi. Paduan Feronikel tersebut memiliki densitas 5,67-5,98 g/cm³, porositas 1,77 – 4,31 % serta memiliki sifat magnet dengan remanensi = 3,74 – 3,83 emu/g dan koersivitas = 77,20 – 77,30 Oe. Maka berdasarkan hasil karakterisasi tersebut dapat dinyatakan material feronikel tergolong material magnet lunak.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada operator VSM dan XRD di Pusat Penelitian Fisika – LIPI.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wang Z, Chu M, Liu Z, Wang H, Zhao W dan Lihua Gao 2017 *Metals* 7(8) 313
- [2] Haryadi H 2017 *Indonesian Mining Journal* 20(2) 131
- [3] Liu Z, Wang H, Zhao W and Gao L, Chu M, Liu Z, Wang H, Zhao W and Gao L 2017 *Metals* 7 313
- [4] Selivanov E N dan Sergeeva S V 2019 *KnE Materials Science* 2019 77
- [5] Parlak T T dan Yıldız K 2016 *Acta Physica Polonica A* 129(4) 485

- [6] Nowosielski R, Babilas R, Dercz G, Pajk L dan Wrona J 2007 *Archives of Materials Science and Engineering* **18**(12)
- [7] Vinnik D A, Tarasova A Y, Zherebtsov D A, Gudkova S A, Galimov D M, Zhivulin V E, Trofimov E A, Nemrava S, Perov N S, Isaenko L I dan Niewa R 2017 *Materials* **10**(6) 578
- [8] Mokhtar N, Abdullah M H, Aahmad S H 2012 *Sains Malaysiana* **41**(9) 1125
- [9] [http://www.vale.com/EN/business/mining/nickel/product-safety-information / SafetyDataSheets / FeNi_NA_EN_v1.pdf](http://www.vale.com/EN/business/mining/nickel/product-safety-information/SafetyDataSheets/FeNi_NA_EN_v1.pdf), Ferro Nickel,2019
- [10] Marcos Flavio de Campos 2014 *Material Science Forum* **802**
- [11] Tumanski S 2011 *Handbook of Magnetic Measurements* London: *CRC Press*