

PENGARUH KOMPOSISI BAHAN DAN SUHU SINTERING PADA PEMBUATAN MAGNET PERMANEN NEODIBIUM (NdFeB) DENGAN PROSES METALURGI SERBUK

(THE EFFECT OF MATERIAL COMPOSITION AND SINTERING TEMPERATUR ON MANUFACTURING OF PERMANENT MAGNET OF NEODIBIUM (NdFeB) BY METALURGICAL POWDER PROCESSING

Adid A. Hermansyah¹⁾, Hafid²⁾ dan Untung Prayudie³⁾

¹⁾ B4T, ²⁾ BBLM

Jl. Sangkuriang No. 14, Bandung

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian pembuatan magnet permanen dari bahan dasar ferit ditambah dengan Neobidium (NdFeB) melalui proses metalurgi serbuk. Tujuannya dihasilkan produk yang mempunyai sifat daya magnet tinggi sesuai keperluan teknis. Caranya adalah melalui penambahan bahan serbuk Neobidium sebanyak 0%, 10%, 15%, 20%, 25% dan memvariasikan suhu sintering antara 1000 °C-1350 °C. Berdasarkan hasil percobaan diketahui bahwa : (1) sampel A ; makin besar % NdFeB yang ditambahkan, Br dan Bhmax yang dihasilkan makin turun, (2) komposisi yang paling optimal untuk menambahkan NdFeB ke dalam serbuk ferit adalah pada komposisi 2 yaitu : 10 %, (3) karakteristik magnet terbaik yang dihasilkan adalah komposisi 2 sampel D pada suhu sintering 1300 °C dengan nilai Br = 2,70 kG, Hc = 0,985 kOe, BHmax = 0,53 MGOe dan densitas 8,47 g cm⁻³. Hasil penelitian diharapkan menjadi sumbangan pemikiran untuk mengatasi ketergantungan produk magnet permanen yang selama ini masih di impor dan juga pembuatannya dapat diterapkan di industri kecil menengah.

Kata kunci : neobidium, metalurgi serbuk, sintering, magnet permanen

ABSTRAK

Research on the manufacturing of permanent magnet from based materials ferrite added with Neobidium (Ndfeb) through powder metallurgy has been done. The objective is to produce having the nature of high magnet energy according to technical need. The method used to pass addition of powder materials of Neobidium counted 0%, 10%, 15%, 20%, and 25% and temperature variation of sintering among 1000 °C-1350 °C. Based on the results of the experiments it known that : (1) A sampel : to be bigger % NdFeB added, Br and of Bhmax to be decreased, (2) most optimal composition to enhance % Ndfeb into ferrite powder is composition 2 that is : 10%, (3) best Characteristic magnet the yielded is composition 2 D sampel at temperature of sintering 1300 °C with value of Br = 2.70 kG, Hc = 0.985 kOe, BHmax = 0.53 MGOe and of densitas 8.47 g cm⁻³. Result of research expected to become idea contribution to overcome depended permanent magnet product which during the time still import as well as its making can be applied in small and medium industries.

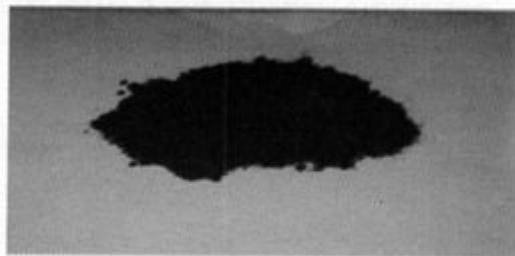
Keywords : neodibium, powder metallurgy, sintering, permanent magnet

I. PENDAHULUAN

Kemajuan dan perkembangan industri elektronika di Indonesia sangatlah pesat, sehingga berbagai macam komponen elektronika kebutuhannya menjadi besar, diantaranya adalah magnet permanen yang mengandung unsur Neodimium-Ferit dan Boron (NdFeB). Material Neodibium Ferit Boron umumnya banyak digunakan pada berbagai komponen listrik dan elektronika, seperti : penguat suara (*loudspeaker*), motor-motor DC, alat rumah tangga, mainan anak-anak dan lain-lain. Selama ini kebutuhan produk-produk tersebut masih di impor.

Proses *sintering* terhadap bahan Neodimium-Ferit Boron melibatkan proses metalurgi serbuk (*powder metallurgy*) yang menghasilkan produk batangan yang mempunyai sifat keras, dan bila dimagnetisasi logam tersebut akan membentuk sifat magnet yang tinggi. Cara metalurgi serbuk dapat menghasilkan toleransi ukuran yang mendekati produk aslinya, sehingga hanya sedikit sekali proses pemrosesan yang diperlukan. Selain itu proses tersebut mempunyai produktivitas yang tinggi untuk menghasilkan produk massal, sehingga biaya produksi dapat ditekan. Komposisi material untuk komponen yang dibuatnya lebih bervariasi dibandingkan dengan cara pengecoran ataupun dengan cara lainnya, sehingga dapat dihasilkan komponen dengan komposisi yang diperkirakan akan sesuai dengan keperluan teknis produk tersebut.

Berdasarkan hal tersebut di atas, dalam upaya mengurangi ketergantungan terhadap produk-produk impor dilakukan penelitian pembuatan produk magnet permanen dari bahan Neodimium-Ferit Boron (Gambar 1)



Gambar 1. Bahan baku Neodibium (NdFeB)

dengan proses metalurgi serbuk dengan variasi komposisi bahan suhu saat *sintering*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat diketahui dan diterapkan di industri kecil dan menengah (IKM).

1.1 Landasan Teori

Metalurgi Serbuk

Metalurgi serbuk (*powder metallurgy*) adalah satu teknologi pengerjaan logam yang prosesnya menggunakan serbuk logam. Serbuk logam merupakan serbuk padat yang memiliki ukuran lebih kecil dari 1 mm, umumnya proses pengerjaannya menggunakan serbuk yang terbuat dari logam meskipun dalam beberapa proses dikombinasikan dengan elemen lain, seperti : keramik atau *polymers*. Salah satu karakteristik penting dari serbuk adalah perbandingan luas permukaan dengan volume yang tinggi⁽¹⁾.

Dalam keadaan tertentu teknologi metalurgi serbuk dapat menggantikan proses pengecoran dan proses pengerjaan logam lainnya dengan lebih efisien dan ekonomis. Pada awalnya, bubuk logam di *press* di dalam *die set* sehingga menjadi benda padat dengan bentuk yang dikehendaki. Benda tersebut kemudian menjalani proses pemanasan dalam tungku yang bebas oksigen sehingga tercapai sifat-sifat fisik yang dikehendaki. Proses ini juga berpeluang untuk pengerjaan tambahan atau

penyelesaian akhir apabila dikehendaki, seperti: *impregnation*, *steam treatment*, *hardening* dan sebagainya, layaknya logam biasa. Untuk lebih jelasnya proses metalurgi serbuk di industri dapat dilihat pada Gambar 2.

Di dalam proses metalurgi serbuk ada beberapa pekerjaan penting yang harus diketahui, yaitu :

1. Kompaksi

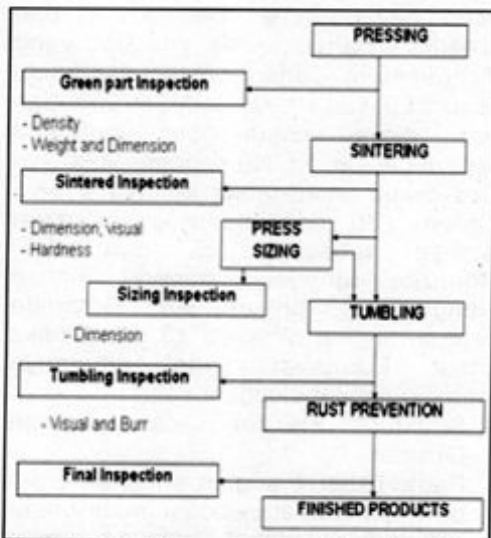
Faktor yang selalu menjadi bahan pertimbangan suatu bahan serbuk logam dapat atau tidaknya dikompaksi adalah mampu kompaksi (*compactibility*). Mampu tekan (*compressibility*) dan mampu kompaksi adalah ukuran untuk memperkirakan yang mana sebuah massa serbuk dapat dipadatkan dengan penerapan tekanan. *Compressibility* dari serbuk merupakan faktor utama dalam mendesain peralatan *pressing*, *density* yang dapat dicapai dan ukuran tekanan yang dibutuhkan untuk mencapai densiti itu. Sebuah bagian

yang juga berhubungan adalah *compression ratio* (perbandingan penekanan) adalah perbandingan sebagai tempat antara densiti penekanan akhir (*final pressed density*) dengan *density* awal dari serbuk. Perbandingan ini menentukan seberapa dalam cetakan yang harus dibuat untuk mendapatkan densiti yang spesifik. Serbuk dengan *density* awal yang tinggi disarankan karena peralatan dapat dibuat lebih pendek dan lebih kuat.

Compressibility dari serbuk dipengaruhi beberapa faktor antara lain: (1) Kekerasan dari logam atau paduannya, (2) Bentuk partikel, (3) *Internal porosity*, (4) Distribusi ukuran partikel, (5) Pengotor bukan logam, (6) Penggunaan pelumas padat, (7) Penambahan unsur pemadu.

Tujuan dari pengompaksian adalah menyusun butiran serbuk menjadi bentuk yang diinginkan setepat mungkin terhadap matra. Akhirnya dengan selalu mempertimbangkan adanya perubahan pada saat bila dibutuhkan pengerjaan lebih lanjut, seperti proses sinter atau perlakuan panas. Selain itu pengompaksian bertujuan agar diperoleh jenis mutu, kerapatan dan kekuatan yang diinginkan^(3,4).

Proses kompaksi dikerjakan dengan proses mekanik dan perkakas *rigid*, tetapi dengan proses hidrolik dan proses *hybrid* (kombinasi proses mekanik, hidrolik dan pneumatik) dapat digunakan juga. Pada umumnya tekanan kompaksi berkisar antara $1,2 \text{ ton/cm}^2$ – 48 ton/cm^2 dan tergantung material yang digunakan. Sedangkan pada proses kompaksi yang bertujuan untuk pembentukan magnet sesuai dengan yang di-



Gambar 2. Aliran proses metalurgi serbuk.

inginkan, besarnya tekanan yaitu $\pm 1,5 \text{ ton/cm}^2$

2. Sintering

Didalam pengoperasian proses *sintering* dilakukan pemanasan setelah kompaksi penekanan serbuk pada lingkungan atmosfer yang dikondisikan dengan suhu dibawah suhu titik cair bahan dan selanjutnya ditahan secukupnya.

Proses *sintering* dilakukan pada suhu 1300°C dengan waktu penahanan (*heading time*) selama 2 jam, atmosfer yang digunakan adalah oksigen yang dialirkan secara kontinyu dengan laju alir 2 liter/menit.

3. Tipe/Jenis Tungku (*Furnace*)

Tungku produksi kontinyu untuk proses *sintering* metalurgi serbuk umumnya merupakan gabungan dari dua buah ruangan pemanas, yaitu: ruang pembakaran (*burn-off zone*), *preheat*, atau ruang untuk menghilangkan pelumas dan sebuah ruang *sintering* produk akan disinter. Kemudian produk masuk kedalam ruang pendingin lambat dan ruang pendingin final, tempat untuk mendinginkan sampai dibawah suhu oksidasinya sebelum dikeluarkan dari proteksi atmosfer tungku.

Prinsip tungku yang ideal adalah sebagai berikut :

- Harus bisa memanaskan sampai suhu *tempering* yaitu sampai suhu $+1500^\circ\text{C}$
- Bagian tungku dilapisi bahan tahan terhadap suhu tinggi .
- Alat pemanas (*heating element*) merupakan sumber panas yang bisa diatur (*temperature setting*)
- Tempat penyimpanan hasil kompaksi harus cukup leluasa.

- Aliran oksigen harus bisa dikondisikan didalam tungku

1.2 Unsur Neodinium Untuk Bahan Magnet

Neobidimium (NdFeB) adalah unsur kimia yang pada tabel susunan berkala (*periodic table*) termasuk didalam kelompok unsur lantanida dan dikenal sebagai unsur tanah jarang memiliki nomor atom 60, dengan konfigurasi electron kulit terluarnya adalah $[\text{Xe}] 6\text{S}^2 4\text{f}^4$

Unsur-unsur lantanida atau *lanthanons* dikenal dengan nama *fourteen elements*, karena jumlahnya 14 unsur, seperti Cerium (Ce), Praseodymium (Pr), Neodymium (Nd), Promethium (Pm), Samarium (Sm), Europium (Eu), Gadolinium (Gd), Terbium (Tb), Dysprosium (Dy), Holmium (Ho), Erbium (Er), Thulium (Tm), Ytterbium (Yb) dan Lutetium (Lu) di alam ditemukan dalam bentuk mineralnya yang merupakan campuran oksida, depositnya banyak ditemukan di Scandinavia, India, Uni soviet dan Amerika. Banyak jenis mineral yang mengandung unsur-unsur lantanida seperti La, Ce, Pr, Nd sebesar 90% dari sisa diikuti unsur-unsur lantanida seperti La, Ce, Pr, Nd sebesar 90% dari sisa diikuti unsur-unsur lainnya seperti Yttrium (Yt) dan logam-logam berat lainnya sebesar 10% dari sisa, Monazite dan jenis mineral lainnya mengandung unsur-unsur lantanida dengan tingkat oksidasi ± 3 dan sedikit unsur Europium yang umumnya memiliki tingkat oksidasi ± 2 .

1. Struktur Elektron dan tingkat Oksidasi

Pada Tabel 1 adalah susunan elektron dan tingkat oksidasi unsur-unsur lantanida. Terlihat bahwa semua unsur-unsur Lantanida membentuk

Tabel 1. Struktur elektron terluar atom dan ion unsur lantanida

Unsur	Atom	M ²⁺	M ³⁺	M ⁴⁺
La	4f ⁰ 6s ²	-	[Xe]	-
Ce	4f ¹ 6s ²	-	4f ¹	[Xe]
Pr	4f ³ 6s ²	-	4f ²	4f ¹
Nd	4f ⁴ 6s ²	4f ⁴	4f ³	4f ²
Pm	4f ⁵ 6s ²	-	4f ⁴	-
Sm	4f ⁶ 6s ²	4f ⁶	4f ⁵	-
Eu	4f ⁷ 6s ²	4f ⁷	4f ⁶	-
Gd	4f ⁷ 5d 6s ²	-	4f ⁷	-
Tb	4f ⁹ 6s ²	-	4f ⁸	4f ⁷
Dy	4f ¹⁰ 6s ²	-	4f ⁹	4f ⁸
Ho	4f ¹¹ 6s ²	-	4f ¹⁰	-
Er	4f ¹² 6s ²	-	4f ¹¹	-
Tm	4f ¹³ 6s ²	4f ¹³	4f ¹²	-
Yb	4f ¹⁴ 6s ²	4f ¹⁴	4f ¹³	-
Lu	4f ¹⁴ 5d 6s ²	-	4f ¹⁴	-

ion-ion 3+. Untuk beberapa unsur Lantanida mempunyai tingkat oksidasi 2⁺ dan 4⁺, seperti Nd, Sm, Eu, Tm, dan Yb mempunyai tingkat oksidasi 2⁺ sedangkan Ce, Pr, Nd, Tb, dan dy mempunyai tingkat oksidasi 4⁺. Lu dan Gd hanya membentuk tingkat oksidasi 3⁺ sebab masing-masing memiliki tingkat konfigurasi electron yang stabil yaitu 4f 14 dan 4 f7. Khusus unsur Neodymium (Nd), mempunyai tingkat oksidasi 4⁺(Nd⁴⁺) dengan konfigurasi electron f2 tetapi sangat tidak stabil untuk mencapai konfigurasi f0, f7, dan f14 yang stabil. Untuk Nd²⁺, f4 memberikan alasan yang kuat untuk meyakini bahwa walaupun kestabilan f0, f7, f14 menjadi salah satu faktor termodinamik dan kinetik yang sama atau sangat penting untuk menentukan kestabilan tingkat oksidasi.

2. Sifat-Sifat Spektra Dan Magnetik

Pada beberapa aspek, sifat-sifat spektra dan magnetik dari unsur-unsur Lantanida secara mendasar berbeda dengan unsur-unsur transisi

blok d. Alasan utamanya adalah perbedaan yang nyata bahwa elektron-elektron yang bertanggung jawab terhadap sifat-sifat spektra dan magnetik pada ion-ion Lantanida adalah elektron-elektron 4f, dan orbital-orbital 4f sangat efektif dan terlindung dari interaksi dengan gaya-gaya eksternal oleh pelapisan (*overlying*) kulit 6s2 dan 6p6.

Dengan demikian sifat-sifat magnetik dari unsur-unsur lantanida sangat ditentukan oleh adanya orbital kulit terluar 4f yang perhitungannya akan sangat bergantung pada harga *Total angular Momentum* (J) dan *Ordinary Temperature* (kT), dengan k adalah konstanta *spin-orbit coupling*.

1.3 Teknologi Ferit Dan Proses Pembuatan Magnet

Pada tahun 1992-2000 bahan baku yang digunakan untuk penelitian pembuatan bahan magnet adalah bahan kimia yang memiliki kemurnian yang tinggi (*pro analysis*), tetapi sejak tahun 2000 dicoba memanfaatkan limbah oksida besi (Fe₂O₃) sebagai bahan baku utama, yang merupakan limbah dari industri baja nasional.

Teknologi proses yang digunakan pada penelitian pembuatan magnet adalah teknologi metalurgi serbuk yang mereaksikan semua bahan baku dalam bentuk serbuk. Pemilihan teknologi proses ini dikarenakan peralatan yang lebih mudah dan murah.

Bahan baku dan teknologi proses yang digunakan untuk semua komponen magnet adalah sama, tetapi yang membedakan adalah komposisi bahan dan variasi proses (*suhu sintering*, suhu kalsinasi, lamanya penggilangan, dan kompaksi). Secara singkat langkah prosesnya adalah: (1) pencam-

puran bahan baku,(2) kalsinasi, (3) penggilingan kalsin,(4) kompaksi, (5) *sintering*, (6) karakterisasi: sifat magnet, densitas, resistivitas, struktur mikro.

1.4 Penentuan komposisi dan proses pencampuran

Komposisi pada penelitian ini adalah: bahan baku serbuk magnet ferit sebanyak 200 gram ditambah dengan serbuk magnet NdFeB masing-masing : 0%, 10%, 15%, 20% dan 25% terhadap berat serbuk magnet ferit.

II. METODE PENELITIAN

Berdasarkan masalahnya metode penelitian ini dikategorikan pada penelitian eksperimental. Langkah-langkah tahapan kegiatan laboratorium yang dilakukan adalah:

1. Bahan-bahan yang digunakan :
 - Serbuk magnet ferit
 - Serbuk magnet Nd Fe B
 - Alkohol teknis
 - Akuades
2. Peralatan yang digunakan
 - Neraca analitik
 - Jangka sorong
 - Ruang asam
 - *Dies*/cetakan
 - Mortar agate
 - *Sieve Seeker 400 mesh*
 - Tungku
 - Mesin kompaksi
 - Mesin *milling*
 - Alat pengukur karakteristik magnet keras permagraph
 - *Impuls magnetizer*
3. Tahapan kerja
 - a. Penentuan komposisi.
Komposisi serbuk magnet ferit dan serbuk magnet NdFeB dibuat dalam 5 jenis dengan perbandingan seperti tertera pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Komposisi bahan untuk pembuatan magnet

No Komposisi	Serbuk Ferit (g)	Serbuk NdFeB	
		Persentase (%)	Berat (g)
1	200	0	0
2	200	10	20
3	200	15	30
4	200	20	40
5	200	25	50

Catatan : % = % terhadap berat serbuk ferit

Bahan baku yang telah divariasikan sesuai desain lalu ditimbang, dicampur, digiling selama ± 8 jam untuk mendapatkan campuran yang homogen. Penggilingan dilakukan dalam *ball milling* dengan menggunakan media alkohol teknis.

b. Pencampuran bahan/*milling*.

Bahan-bahan berupa serbuk ferit dan NdFeB yang sudah ditimbang lalu dicampurkan kedalam *ball mill* dan digiling selama 6 jam dalam kondisi 40 % padatan dan 60 % alkohol. Hasilnya dikeringkan pada udara terbuka selama 1 malam dengan tujuan untuk mengeringkan alkoholnya. Hasil pengeringan yang menggumpal dihaluskan kembali dengan mortar agate.

c. Penyaringan.

Serbuk yang sudah kering kemudian disaring dengan *sieve seaker 400 mesh* sampai semua serbuk dapat lolos.

d. Kalsinasi

Serbuk campuran (Komposisi 1-5) yang telah disaring dibagi menjadi dua bagian, satu bagian tidak dikalsinasi dan sebagian lagi dikalsinasi. Kalsinasi dilakukan dalam tungku *muffle furnace* pada suhu 700°C yang ditahan selama 3 jam.

e. Kompaksi

Cetakan yang digunakan berbentuk tablet dengan diameter ± 19 mm. Banyaknya serbuk yang untuk tiap

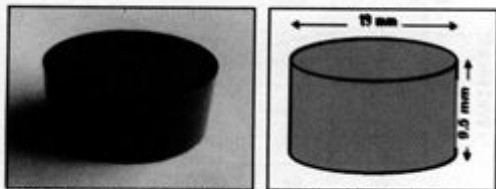
sampel adalah 10 gram. Tekanan kompaksi yang digunakan untuk tiap-tiap sampel adalah 100 kg/cm^2 . Dimensi sampel yang dihasilkan adalah dengan diameter $\pm 19.4 \text{ mm}$ dan tebal $\pm 9.5 \text{ mm}$.

f. *Sintering*

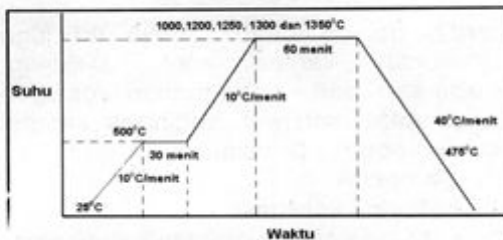
Sampel yang sudah dicetak di *sintering* di dalam tungku (Gambar 5) dengan suhu yang divariasikan pada 1000°C , 1200°C , 1250°C , 1300°C dan 1350°C . Laju pemanasan dan pendinginan sebagai berikut : $10^\circ\text{C}/\text{menit}$ sampai suhu 500°C ditahan selama 30 menit. Pemanasan dilanjutkan sampai suhu *sintering* dengan laju pemanasan $10^\circ\text{C}/\text{menit}$ dan ditahan selama 1 jam, kemudian pemanasan turun sampai 475°C dengan laju $40^\circ\text{C}/\text{menit}$. Pada saat *sintering* dialirkan oksigen sebanyak 2 liter/menit untuk membantu proses oksidasi, namun ada juga yang tidak dialirkan oksigen.



Gambar 3. Mesin kompaksi



Gambar 4 . Hasil kompaksi a.) Bentuk sampel; b.) Ukuran sampel



Gambar 6. Laju proses sintering



Gambar 5 Tungku sintering

Lebih jelasnya laju proses sintering ditunjukkan pada Gambar 6.

g. Karakterisasi

Sampel hasil *sintering* diukur sifat kemagnetannya menggunakan Permagraph. Sifat magnet yang terukur adalah :

- Induksi remanen (B_r), kG
- Gaya koersif (H_c), kOe
- Energi maksimum (BH_{max}), MGOe

Densitas magnet juga diukur dengan cara menimbang berat (W) gram magnet yang diuji dengan neraca analitik dengan satuan gram. Kemudian membaginya dengan volume yang telah didapat. Rumus yang digunakan:

$$\rho = W / V \text{ (g cm}^{-3}\text{)} \quad (1)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan percobaan pencegahan komposisi, sampel yang dibuat

terdiri dari 5 buah. Selain itu juga dilakukan variasi suhu *sintering*, kalsinasi dan penggunaan oksigen pada saat *sintering*, sehingga sampel diberi kode A - D, yaitu :

1. Sampel A

- Tanpa kalsinasi
- Menggunakan oksigen 2 liter/menit
- Suhu *sintering* 1200 °C.

Pada Tabel 2 di atas, dapat dilihat karakteristik magnet untuk 5 komposisi yang berbeda. Semakin banyak % NdFeB yang ditambahkan, nilai Induksi Remanen (Br) dan Kuat Medan Energi Maksimum semakin turun, akan tetapi nilai Koersifitas (HcJ) meningkat seperti pada kurva Gambar 7.

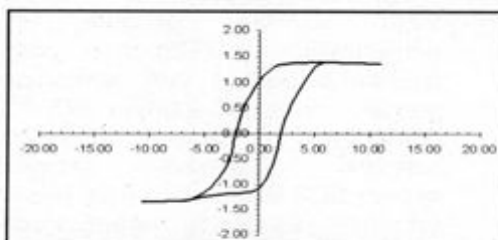
Br adalah induksi sisa yang dimiliki oleh material magnet ketika kuat medan luar (H) = 0, Hc adalah nilai H dimana B = 0, nilai inilah yang menunjukkan mudah dan tidaknya material untuk dapat dimagnetisasi. Makin besar nilai Hc makin susah

menghilangkan medan magnet suatu material. Nilai BHmax adalah besarnya energi yang dimiliki oleh suatu material magnet. Sifat magnet Br, Hc dan BHmax dapat dilihat pada Gambar 8. Kurva hysteresis.

2. Sampel B

- Tanpa Kalsinasi
- Menggunakan oksigen 2 liter/menit.
- Suhu *sintering* 1250 °C.

Pada percobaan untuk sampel B, komposisi yang digunakan tetap yaitu komposisi 1-5. Akan tetapi suhu *sintering* ditingkatkan menjadi



Gambar 8. Kurva hysteresis

Tabel 3. Karakteristik magnet sampel A

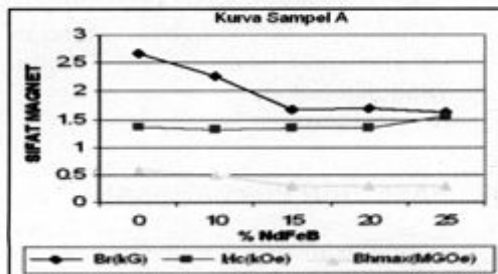
Karakteristik Magnet	Sampel A				
	A1 0%	A2 10%	A3 15%	A4 20%	A5 25%
Br (kG)	2,68	2,27	1,68	1,70	1,62
Hc (kOe)	1,366	1,323	1,337	1,341	1,568
BHmax (MG Oe)	0,62	0,51	0,34	0,34	0,33
Density (g/cm³)	7,24	7,12	7,24	6,7	6,46

Keterangan : % perbandingan NdFeB terhadap ferit

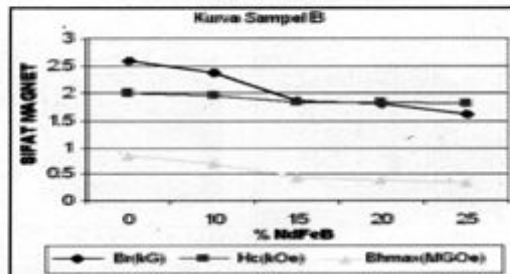
Tabel 4. Karakteristik magnet sampel B

Karakteristik Magnet	Sampel B				
	B1 0%	B2 10%	B3 15%	B4 20%	B5 25%
Br (kG)	2,60	2,38	1,86	1,82	1,63
Hc (kOe)	2,019	1,956	1,848	1,830	1,821
BHmax (MG Oe)	0,88	0,73	0,46	0,41	0,36
Density (g/cm³)	8,64	8,02	6,9	7,26	6,78

Keterangan : % perbandingan NdFeB terhadap ferit



Gambar 7. Kurva sifat magnet sampel A



Gambar 9. Kurva sifat magnet sampel B

1250 °C dan dialirkan oksigen (O₂) 2 liter/menit. Data dari Tabel 2 menunjukkan sifat magnet yang didapat tidak mengalami banyak perubahan bila dibandingkan dengan sampel A (Tabel 3). Akan tetapi densitas sampel B lebih tinggi bila dibandingkan dengan sampel A. Densitas tertinggi yaitu 8,64 g cm⁻³ pada 100 % ferit. Makin tinggi % NdFeB yang ditambahkan, sifat magnet Br, Hc dan BH max makin menurun seperti dapat dilihat pada Gambar 9.

3. Sampel C

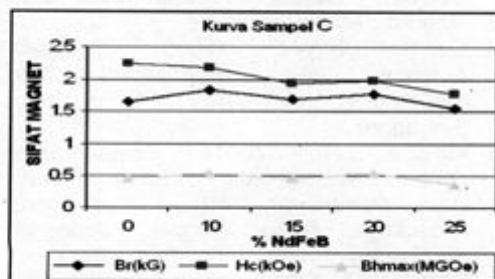
- Kalsinasi 700 °C.
- Menggunakan oksigen 2 liter/menit
- Suhu *sintering* 1000 °C.

Perlakuan pada sampel C adalah, serbuk magnet komposisi 1–5 terlebih dahulu dikalsinasi pada suhu 700 °C, suhu *sintering* diturunkan menjadi 1000 °C dan oksigen dialirkan 2 liter/menit. Pada kondisi ini sifat

Tabel 5. Karakteristik magnet sampel C

Karakteristik Magnet	Sampel C				
	C1 0%	C2 10%	C3 15%	C4 20%	C5 25%
Br (kG)	1,64	1,82	1,68	1,76	1,55
Hc (kOe)	2,242	2,170	1,922	1,97	1,762
BHmax (MGOe)	0,46	0,54	0,46	0,54	0,37
Density (g/cm ³)	5,14	6,72	6,78	6,52	6,34

Keterangan: % perbandingan NdFeB terhadap ferit



Gambar 10. Kurva sifat magnet sampel C

magnet sampel C tidak meningkat dan lebih rendah dari sampel B begitu juga dengan densitas. Hal ini mungkin disebabkan karena suhu *sintering* yang terlalu rendah yaitu 1000 °C. Kurva sifat magnet sampel C ditunjukkan pada Gambar 10.

4. Sample D

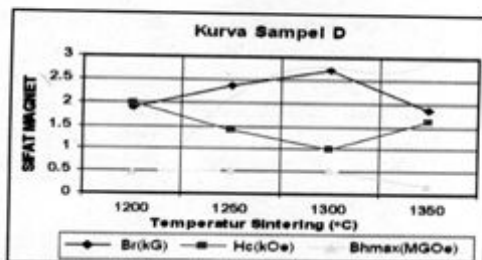
- Komposisi yang digunakan komposisi 2, yaitu Nd Fe B 10%
- Tanpa kalsinasi
- Menggunakan oksigen 2 liter/menit
- Variasi suhu *sintering*

Berdasarkan hasil pengamatan pada percobaan untuk sampel A-C, komposisi 2 memiliki karakteristik magnet yang lebih baik bila dibandingkan dengan komposisi 3-5, walaupun masih lebih rendah bila dibandingkan dengan komposisi 1 (100 % ferit atau %NdFeB), untuk itu pada sampel D diambil serbuk magnet pada komposisi 2 dengan memvariasikan suhu *sintering* 1200, 1250, 1300 dan 1350 °C. Nilai Br meningkat dari suhu 1200 °C sampai dengan suhu 1300 °C, akan tetapi turun pada suhu 1350 °C, begitu juga dengan nilai BH max. Nilai Hc turun dari suhu 1200 °C sampai dengan suhu 1300 °C, kemudian naik pada suhu 1350 °C. Berdasarkan hasil pengamatan, sampel yang di *sintering* pada suhu 1350 °C sudah sedikit retak, mungkin ini disebabkan karena proses *sintering* sudah terlalu

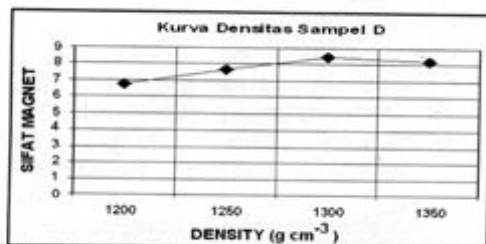
Tabel 5. Sampel D

Karakteristik Magnet	Sampel D (Komposisi 2)			
	D1 1200 °C	D2 1250 °C	D3 1300 °C	D4 1350 °C
Br (kG)	1,87	2,35	2,70	1,86
Hc (kOe)	1,965	1,40	0,985	1,600
BHmax (MGOe)	0,47	0,53	0,53	0,19
Density (g/cm ³)	6,72	7,66	8,47	8,18

Keterangan: Komposisi 2 = 200 g ferit ; 10%NdFeB



Gambar 11. Kurva sifat magnet sampel D



Gambar 12. Kurva densitas sampel D

tinggi pada suhu tersebut. Hal ini juga dapat dibuktikan pada nilai densitas magnet yang dihasilkan seperti pada Gambar 11 dan 12.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Makin besar % NdFeB yang ditambahkan, Br dan BHmax yang dihasilkan makin turun, tetapi Hc meningkat (sampel A). Nilai Hc yang tinggi sangat diperlukan pada magnet permanen, karena hal ini menunjukkan makin sulitnya material magnet tersebut untuk dihilangkan sifat magnetnya. Akan tetapi nilai Br dan BHmax juga sangat diperlukan karena dapat menghasilkan kuat medan magnet yang besar pada magnet yang dihasilkan.
2. Berdasarkan percobaan komposisi yang paling dianggap optimal untuk menambahkan NdFeB ke dalam serbuk ferit adalah pada komposisi 2 yaitu sebanyak 10%.

3. Karakteristik magnet terbaik yang dihasilkan adalah komposisi 2 sampel D yaitu pada suhu sintering 1300 °C dengan nilai $Br = 2,70 \text{ kG}$, $Hc = 0,985 \text{ kOe}$, $BH_{max} = 0,53 \text{ MGOe}$ dan densitas $8,47 \text{ g cm}^{-3}$.
4. Penelitian selanjutnya tidak dianjurkan menggunakan Oksigen pada saat proses sintering, karena NdFeB akan teroksidasi. Sebaiknya menggunakan gas inert seperti Argon (Ar) atau Nitrogen (N₂).

V. DAFTAR PUSTAKA

1. Fajar Sumirat, (2002), *Pembuatan Bearing Untuk Komponen Guide, Cam Chain Pada Sepeda Motor Dengan Metode Metalurgi Serbuk*, Teknik Metalurgi UNJANI, hal.5.
2. Mitra Sinterindo, (2002), *Profil Company: PT. Mitra Sinterindo: Powder Metalurgi*, Sentul Bogor, hal. 6.
3. American Society For Metals, (1984), "Metal handbook Ninth Edition, Volume 7 Powder Metallurgy", American Society for Metals.
4. Sony Djatnika, (2007), *Metalurgi Serbuk*, MIDC, Bandung.
5. B. Slusarek, I.Dudzikowski, (2002), *Application of Permanent Magnets Made from NdFeB Powder and From Mixtures of Powders in DC Motors*, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 597 – 599.
3. Babu V., Padaikathan P., (2002), *Structure and Hard Magnetic Properties of Barium Hexaferrite With and Without La₂O₃ Prepared By Ball Milling*, Elsevier, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 85-88.
4. Callister Jr., W.D., (1985), *Materials Science and Engineering An Introduction*, John Wiley & Sons, Inc., Singapore.
5. Idayanti, N., (2001), *Pemanfaatan Limbah Hotstrip Mill Sebagai Bahan Baku Pembuatan Magnet Permanen*, Prosiding Temu Ilmiah Jaringan Kerjasama Kimia Indonesia, Seminar Nasional X Kimia dalam Industri dan Lingkungan, Jogjakarta, 163 - 167.

6. Idayanti, N., (2002), *Pembuatan Magnet Permanen Ferit Untuk Flow Meter*, Prosiding Fisika, Bali, 0528-1 – 0528-5.
7. Idayanti, N., (2002), *Proses Sintering dalam Pembuatan Magnet Permanen Ferit untuk Meteran Air*, Jurnal Sains Materi Indonesi, 3, No 2, 29 – 33.
8. Goldman A., (1990), *Modern Ferrite Technology*, First Edition, Van Nostrand Reinhold, New York.
9. J.Li., S.J.Gao., M.Li., Y.Q.Wang, M.J.Tu, (2006), *Effect of Process on Magnetic Properties of Bonded NdFeB Magnet*, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 195 – 204.
10. Metal Hand book, (1984) , 9th editon , Vol 7, "Powder Metallurgy" , American Society for Metal, Metal Park, Ohio.
11. Mikell P, Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing*, Second Edition, New York.
12. Novrita Idayanti, (2003), *Penggunaan Berium Ferrite Dalam Bidang Elektronika*, Proceeding SNTE, Yogyakarta.