

# SINTESIS BAHAN MAGNET *BARIUM HEXAFERRITE* MEMANFAATKAN SUMBER DAYA ALAM LOKAL

Ridwan, Grace Tj. Sulungbudi dan Mujamilah

Puslibang Iptek Bahan (P3IB) - BATAN  
Kawasan Puspipetek, Serpong, Tangerang 15314

## ABSTRAK

**SINTESIS BAHAN MAGNET *BARIUM HEXAFERRITE* MEMANFAATKAN SUMBER DAYA ALAM LOKAL.** Bahan Magnet *Barium Hexaferrite*,  $BaO.6Fe_2O_3$  telah berhasil disintesis dengan metode metalurgi serbuk memanfaatkan sumber daya lokal baik yang berasal dari limbah pabrik baja (*HSM*, *CRM*), limbah pabrik polimer (*LK*) dan pasir besi (*PBA*). Limbah- maupun pasir besi adalah sumber utama oksida besi,  $Fe_2O_3$ . Barium oksida yang digunakan dalam penelitian ini berasal  $BaCO_3$  produk *Merck*, dan  $BaSO_4$  yang dijual bebas sebagai *barite*. Identifikasi fasa menggunakan teknik difraksi sinar-x menunjukkan bahwa bahan magnet hasil sintesis telah sesuai dengan bahan magnet produk komersial (*SUMI*). *Energy Product Maximum* ( $BH$ )<sub>maks</sub> hasil pengukuran dengan *Vibrating Sample Magnetometer* (*VSM*), untuk cuplikan berbahan dasar *HSM*-, *CRM*- dan  $BaCO_3$  adalah 1,141 MGOe dan 1,136 MGOe sedangkan *SUMI* adalah 1,142 MGOe. Namun demikian untuk bahan terbuat dari *LK*-, *PBA*- menggunakan  $BaCO_3$  ataupun *CRM*- dengan *barite*, ( $BH$ )<sub>maks</sub> yang diperoleh relatif lebih rendah daripada produk komersial.

**Kata kunci :** Barium hexaferrite, *HSM*, *CRM*, pasir besi, *barite*,  $BaCO_3$ .

## ABSTRACT

**MATERIALS SYNTHESIS OF BARIUM HEXAFERRITE USED LOCAL NATURAL RESOURCES.** The magnetic materials of barium hexaferrites,  $BaO.6Fe_2O_3$  successfully synthesized by powder metallurgy method used local natural resources from materials waste of steel fabrication (*HSM*, *CRM*), waste of polymer fabrication (*LK*) as well as iron sands (*PBA*). These waste as well as iron sands were the main resources of iron oxide,  $Fe_2O_3$ . The barium oxide used in this experiments are from  $BaCO_3$  product of *Merck*, and  $BaSO_4$  which is commercially available in the market as *barite*. Phase identification by x-ray diffraction technique show the synthesized magnetic materials are agreed with the available commercial product, (*SUMI*). The energy product maximum ( $BH$ )<sub>max</sub> measured by vibrating sample magnetometer (*VSM*) for the samples used *HSM*-, *CRM*- and  $BaCO_3$  as basic materials are 1.141 MGOe and 1.136 MGOe while *SUMI* is 1.142 MGOe. However for the samples made from *LK*-, *PBA*- used of  $BaCO_3$  or *CRM*- with *barite*, the energy product maximum ( $BH$ )<sub>max</sub> are relatively lower than commercial product.

**Key words :** Barium hexaferrite, *HSM*, *CRM*, iron sands, *barite*,  $BaCO_3$ .

## PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri yang sangat pesat saat ini tidak dapat dilepaskan dari kemajuan teknologi yang ada. Namun demikian teknologi yang tersedia umumnya hanya terfokus pada proses untuk menghasilkan barang jadi di satu pihak, namun cenderung menimbulkan dampak pencemaran lingkungan di pihak yang lain. Pencemaran lingkungan umumnya disebabkan oleh limbah yang dipandang tidak ekonomis apabila di daur ulang oleh industri induknya. Oleh sebab itu suatu kegiatan penelitian yang dapat mengubah bahan limbah maupun sumber daya alam lokal lainnya menjadi produk yang ekonomis penting dilakukan.

Bahan magnet *hexaferrite*  $MO.6Fe_2O_3$  ( $M = Ba$  atau  $Sr$ ) adalah salah satu contoh produk ekonomis apabila dapat disintesis dari bahan hasil industri penghasil besi baja maupun polimer. Limbah dari

proses pencucian lembaran baja sangat kaya akan bahan dasar  $Fe_2O_3$  yang dibutuhkan dalam pembuatan magnet *ferrite*. Demikian pula halnya limbah dari industri polimer, yang menggunakan bahan dasar  $Fe_2O_3$  sebagai katalis. Limbah pengolahan *hot stripp mill* (*HSM*) atau *cold rolling mill* (*CRM*) merupakan sumber  $Fe_2O_3$  sangat besar, demikian pula limbah dari bahan katalis (*LK*) yang sudah tidak aktif tersedia cukup banyak [1]. Bahan dasar  $Fe_2O_3$  dapat pula diperoleh dari pasir besi (*PBA*), yang terdapat disekitar pantai Selatan pulau Jawa dan di sekitar pantai Utara Sumatera, sebagai sumber daya alam lokal yang masih melimpah keberadaannya [2].

Dalam penelitian ini bahan magnet *ferrite* yang dilakukan terbatas pada  $BaO.6Fe_2O_3$  dengan metode reaksi padatan. Identifikasi terhadap fasa *barium hexaferrite* yang terbentuk dilakukan berdasarkan data

difraksi sinar-X menggunakan target *Cu-K $\alpha$* , *Philips* sedangkan sifat megnetik bahan diukur dengan menggunakan *vibrating sample magnetometer (VSM)* yang terdapat di Bidang Bahan Maju, Puslitbang Iptek Bahan (P3IB-BATAN) Serpong.

## METODE PERCOBAAN

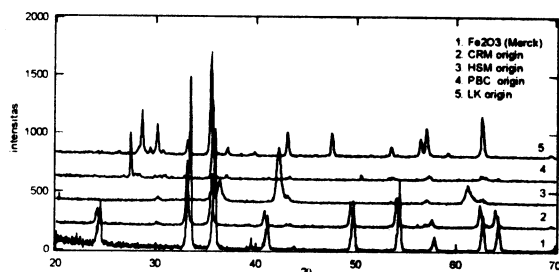
Seperti telah dijelaskan terdahulu, bahan utama dalam pembuatan  $BaO.6Fe_2O_3$  ini adalah dengan memanfaatkan kandungan oksida besi yang cukup besar di dalam *HSM*, *CRM*, *LK* maupun *PBA*. Oksida besi dominan yang terkandung di dalam *HSM*, *LK* dan *PBA* berupa  $Fe_3O_4$  sedangkan *CRM* adalah  $Fe_2O_3$ . Untuk mendapatkan  $Fe_2O_3$  dari limbah *HSM*, dan *PBA* proses awal telah dilakukan melalui presipitasi dengan basa anorganik, sedangkan dalam hal *LK* diperoleh melalui pemanasan. Proses sintesis bahan  $BaO.6Fe_2O_3$  ini dilakukan dengan metode metalurgi serbuk, dengan perbandingan campuran awal  $Fe : Ba = 12 : 1$ . Dalam penelitian ini unsur dasar barium selain menggunakan produk *Merck* dengan kemurnian tinggi juga menggunakan *barite* yang banyak terdapat dipasaran lokal. Bahan campuran yang telah mengalami proses penghalusan dan homogenisasi dikompaksi dalam bentuk pelet dan kemudian dipanaskan pada suhu sekitar  $1000^\circ C$  selama beberapa jam di atmosfer udara.

Identifikasi fasa cuplikan hasil pemanasan dilakukan dengan menggunakan teknik difraksi sinar-x dengan target *Cu-K $\alpha$* , *Philips* sedangkan sifat megnetik bahan diukur dengan menggunakan *vibrating sample magnetometer (VSM)* yang terdapat di Bidang Bahan Maju, Puslitbang Iptek Bahan (P3IB-BATAN) Serpong. Hasil proses sintesis bahan menggunakan unsur-unsur dasar yang mudah diperoleh di pasar lokal juga dibandingkan dengan hasil produk bahan magnet *hexaferrite* komersial yang ada.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

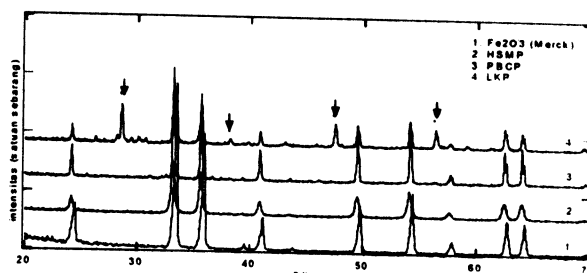
### Identifikasi Fasa dengan Difraksi Sinar - X

Pada Gambar 1, dapat dilihat pola difraksi bahan dasar yang berasal dari limbah pabrik baja ataupun limbah bahan katalis yang digunakan sebagai sumber utama unsur *Fe*.



Gambar 1. Bahan dasar sebagai sumber  $Fe_2O_3$

Bila dilihat dari pola difraksi bahan dasar ini, nampak bahwa hanya *CRM* yang mengandung bahan  $Fe_2O_3$  yang cukup tinggi. Hal ini secara sederhana dapat dibandingkan dengan pola difraksi dari bahan produk *Merck*. Sedangkan bahan dasar lain masih membutuhkan pemrosesan awal sehingga kandungan  $Fe_2O_3$  meningkat. Pemroses lebih lanjut melalui pemanasan ataupun melalui presipitasi dengan basa anorganik kandungan  $Fe_2O_3$  di dalam bahan akan lebih tinggi. Hasil pemrosesan awal dapat di lihat pada Gambar 2.



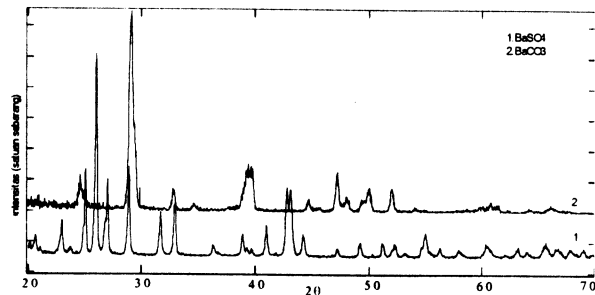
Gambar 2. Bahan baku hasil pemrosesan awal

Pada Gambar 2 di atas, terlihat setelah melalui proses awal bahan-bahan dasar *HSM*, *LK* maupun *PBA* sebagian besar telah berubah sesuai dengan fasa  $Fe_2O_3$ . Namun terlihat untuk *LK* masih terdapat adanya fasa pengotor ( $\rightarrow$ ) yang tidak dapat dihilangkan pada proses awal ini. Mekanisme pemrosesan lebih lanjut bahan *LK* ini secara detail akan dibahas dalam makalah yang lain [3]. Adanya dugaan unsur lain di dalam *LK*, maka pada tahap awal untuk bahan ini telah dilakukan analisis kandungan  $Fe_2O_3$  dengan menggunakan peralatan *XRF* yang terdapat di Pascasarjana Ilmu Material, UI-Salemba. Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan  $Fe_2O_3$  di dalam bahan sekitar 82 % berat. Sehingga dalam proses sintesis barium *hexaferrite* menggunakan bahan baku *LK*, komposisi pencampuran awal dilakukan dengan memperhatikan kandungan  $Fe_2O_3$  di dalamnya. Selain *LK*, semua bahan *CRM*, *HSM*, *PBA* berdasarkan pola difraksi pada Gambar 2 nyata bahwa bahan-bahan tersebut berfasa tunggal dan sama dengan  $Fe_2O_3$  produk *Merck*. Berdasarkan hal ini, dapatlah dikatakan bahwa bahan-bahan *CRM*, *HSM*, *PBA* sangat berpotensi digunakan sebagai bahan baku magnet *hexaferrite*. Ini mengingat keberadaannya yang berlimpah dan murah di dalam negeri.

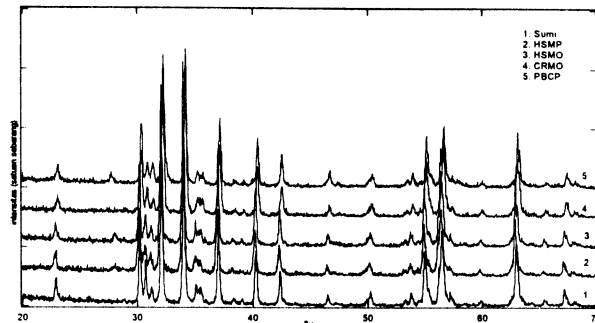
Seperti terlihat pada komposisi kimia bahan *hexaferrite* di atas, komponen utama pembentuk bahan adalah  $Fe_2O_3$  dan  $BaO$ . Oksida barium ini dapat diperoleh dari *barite* ( $BaSO_4$ ) maupun  $BaCO_3$ . Dalam penelitian ini bahan dasar *barite* yang dipergunakan diperoleh dari pasar lokal dengan harga murah. Perbedaan fasa awal kedua bahan dapat di lihat pada Gambar 3.

Berdasarkan bahan baku yang telah diperoleh di atas, maka proses sintesis bahan *barium hexaferrite* dilakukan dengan menggunakan metode metalurgi serbuk serta diikuti proses pemanasan sekitar  $1000^\circ C$

pada atmosfer udara. Secara umum proses sintesis *barium hexaferrite* dalam kegiatan ini dapat dibagi atas dua bagian yakni proses sintesis metoda reaksi padatan (menggunakan bahan baku  $BaCO_3$ ), kombinasi reaksi padatan yang diikuti oleh mekanisme pertukaran garam karbonat dengan garam sulfat (menggunakan bahan baku  $BaSO_4$ ).



Gambar 3. Bahan baku  $BaSO_4$  dan  $BaCO_3$



Gambar 4. Pola difraksi fasa *barium hexaferrite* dengan bahan baku CRM, HSM (origin dan proses), PBA dan bahan magnet komersial (SUMI) dengan menggunakan  $BaCO_3$

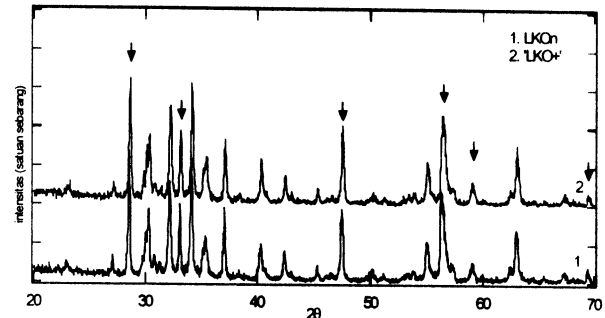
Pada Gambar 4, dapat dilihat pola difraksi bahan *hexaferrite* hasil sintesis menggunakan bahan baku CRM, HSM, LK dan PBA sebagai sumber utama  $Fe_2O_3$  dengan  $BaCO_3$  sebagai sumber  $BaO$ . Pemrosesan bahan sepenuhnya dalam kondisi kering.

Pola difraksi bahan *barium hexaferrite* yang ditunjukkan pada Gambar 4, jelas terlihat bahwa bahan berfasa tunggal dan secara umum menunjukkan kesamaan dengan fasa bahan magnet komersial. Lebih jauh lagi nampak bahwa hasil akhir fasa *barium hexaferrite* yang diperoleh menggunakan bahan baku HSM baik tanpa pemrosesan awal maupun setelah mengalami pemrosesan tidak berbeda jauh dari produk komersial. Dari Gambar 4 ini juga dapat disimpulkan bahwa metode pemrosesan bahan *hexaferrite* yang dipilih menggunakan bahan baku lokal telah dapat dikuasai dengan baik.

Seperti telah ditunjukkan di depan bahwa bahan baku LK hanya mengandung kadar  $Fe_2O_3$  sekitar 82%. Pola difraksi sinar-x hasil sintesis *barium hexaferrite* menggunakan bahan baku LK dan  $BaCO_3$  ini dapat dilihat pada Gambar 5.

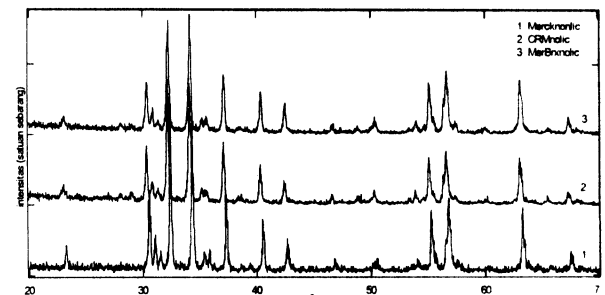
Pada Gambar 5, terlihat *barium hexaferrite* yang terbentuk masih mempunyai fasa lain yang sangat sesuai

dengan faktor pengotor seperti terdapat di dalam bahan baku (lihat Gambar 2). Khusus dalam proses sintesis *barium hexaferrite* menggunakan LK telah dicoba dua cara yakni pencampuran dilakukan sesuai dengan kandungan  $Fe_2O_3$  di dalam LK serta dengan memberikan kelebihan  $BaCO_3$ . Cara yang terakhir ini dilakukan dengan asumsi bahwa kandungan  $Fe_2O_3$  di dalam LK sedikit lebih tinggi dari yang diperkirakan.

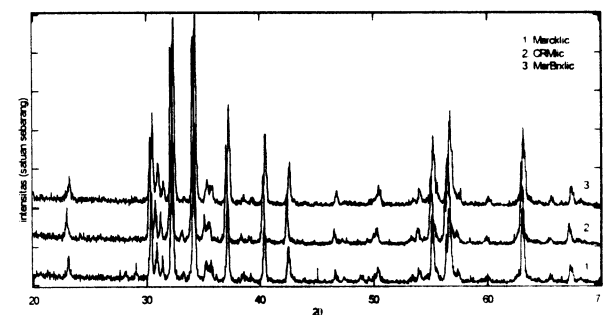


Gambar 5. Pola difraksi sinar-x bahan *barium hexaferrite* dengan bahan baku LK dan  $BaCO_3$

Seperti telah dijelaskan di atas, sebagai sumber lain dari barium juga digunakan bahan barite ( $BaSO_4$ ) dengan kualitas teknis yang banyak ditemukan dipasar lokal dengan harga yang relatif murah. Sedikit berbeda dengan proses sintesis sebelumnya (menggunakan  $BaCO_3$ ), dalam hal penggunaan  $BaSO_4$  diperlukan suatu garam karbonat sehingga dapat terjadinya proses pertukaran garam. Pola difraksi bahan *barium hexaferrite* hasil sintesis menggunakan bahan baku CRM,  $Fe_2O_3$  (Merck) memanfaatkan  $BaSO_4$  dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Pola difraksi  $BaO.6Fe_2O_3$  memanfaatkan  $BaSO_4$  tanpa proses pencucian



Gambar 7. Pola difraksi  $BaO.6Fe_2O_3$  memanfaatkan  $BaSO_4$  diikuti proses pencucian

Pada Gambar 6 dan Gambar 7 terlihat secara umum proses sintesis yang dilakukan telah berhasil mendapatkan fasa bahan magnet *barium hexaferrite*. Namun jika diperhatikan lebih teliti Gambar 7, untuk bahan yang mengalami proses pencucian terdapat adanya puncak disekitar sudut  $33,2\text{U}$  yang di duga berasal dari  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Walau demikian mengingat rendahnya puncak ini, sehingga dapat diabaikan. Sehingga secara umum dapat dikatakan bahwa  $\text{BaSO}_4$  yang tersedia di pasar lokal dapat digunakan sebagai salah satu bahan baku dalam pembuatan  $\text{BaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ . Hal ini dapat dijadikan pertimbangan dalam proses produksi bahan magnet *barium hexaferrite* ini dalam skala industri dengan memanfaatkan sumber daya alam lokal.

Secara lengkap data-data yang menunjukkan parameter karakteristik bahan dapat di lihat pada Tabel 1.

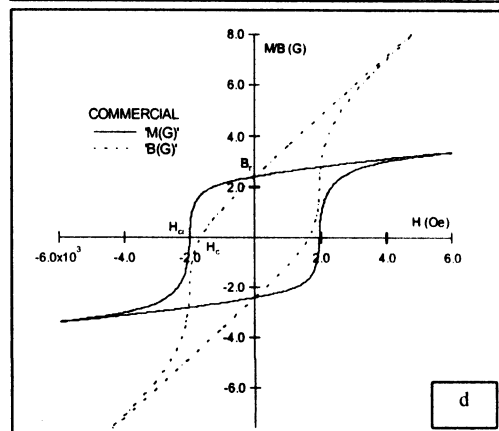
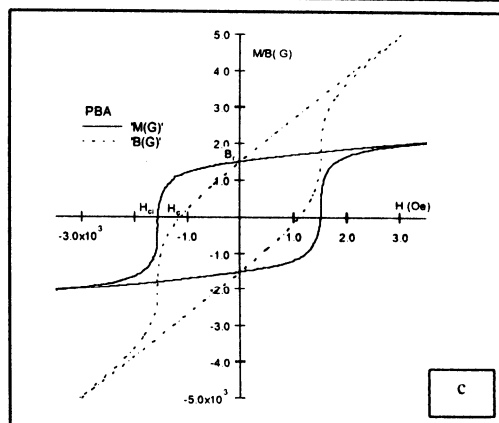
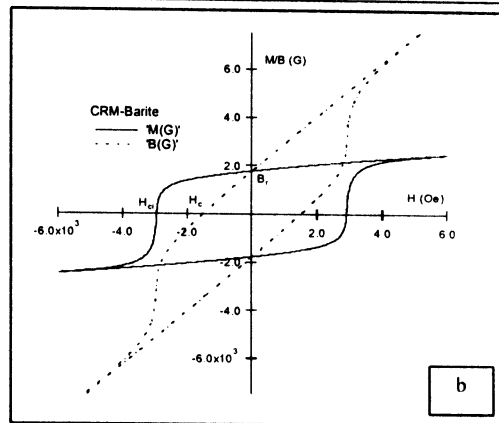
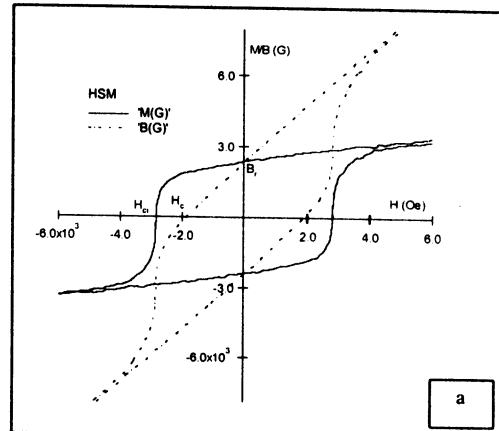
### Karakterisasi Sifat Magnet Bahan

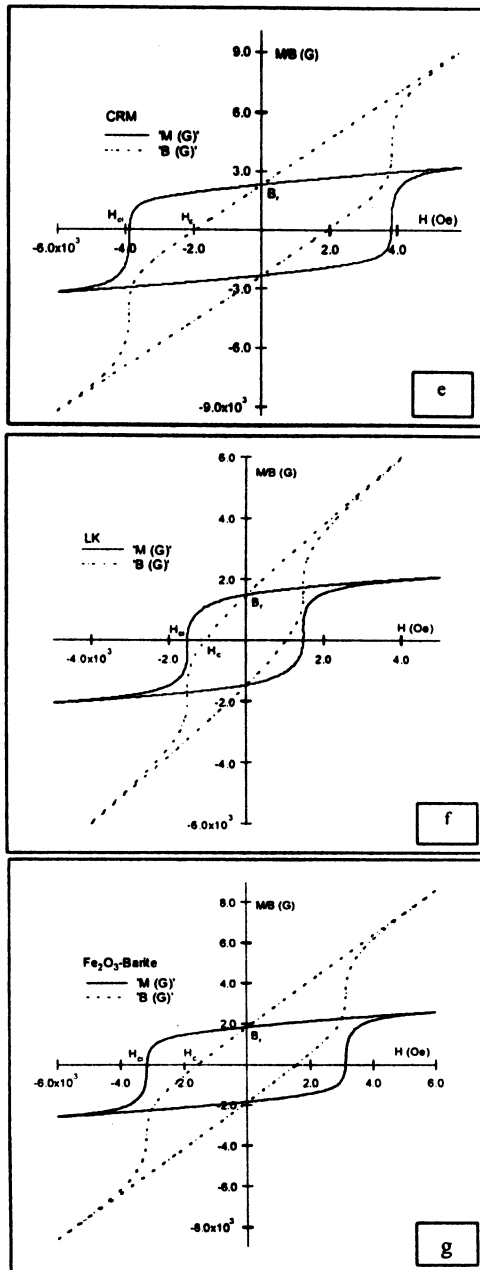
Karakterisasi sifat bahan *hexaferrite* hasil sintesa seperti yang telah dijelaskan di atas, telah dilakukan dengan menggunakan peralatan *vibrating sample magnetometer (VSM)* yang terdapat di Bidang Bahan Maju-Puslitbang Iptek Bahan, Batan. Hasil pengukuran berupa kurva hysteresis yang menunjukkan besar magnetisasi ( $M$ ) atau induksi magnet ( $B$ ) pada bahan sebagai efek medan magnet luar ( $H$ ). Hubungan antara  $M$ ,  $B$  dan  $H$  secara sederhana ditunjukkan oleh persamaan berikut ini [4]:

$$B = H + M \quad [\text{Gauss}] \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$M = 4\pi (m/V) \quad [\text{Gauss}] \quad \dots\dots\dots (2)$$

Pada persamaan (2) di atas,  $m$  menyatakan momen magnet terukur ( $emu$ ) dan  $V$  adalah volume ( $cm^3$ ) bahan. Berdasarkan persamaan di atas nampak bahwa hasil pengukuran terkait dengan sifat *bulk* bahan juga sifat intrinsiknya. Sifat intrinsik bahan pada kurva *hysteresis* ini nampak dari besar koersivitas intrinsik ( $H_{ci}$ ). Sifat intrinsik ini dapat dijadikan suatu parameter untuk melihat kualitas bahan. Sedangkan sifat *bulk* terlihat dari besar *energy product* maksimum  $(BH)_{max}$  yang sangat dipengaruhi oleh proses pembentukan, seperti tekanan pada dilakukan kompaksi maupun proses penyearahan butiran (*isotropic* atau *anistropic*). Namun mengingat dalam proses sintesis yang dilakukan proses kompaksi yang dilakukan tidak disertai proses penyearahan butiran, maka bahan magnet hasil sintesis yang dilaporkan dianggap bersifat *isotropic*. Seperti yang terlihat di dalam kurva *hysteresis*, ke-dua kurva yakni  $B$  terhadap  $H$  dan  $M$  terhadap  $H$  telah diplot secara bersamaan. Namun demikian dalam makalah ini hanya beberapa kurva *hysteresis* dari cuplikan hasil sintesis akan ditunjukkan (lihat Gambar 8a-g). Berdasarkan kurva yang diperoleh juga dapat ditentukan masing-masing nilai koersivitas bahan ( $H_c$ ) maupun nilai koersivitas intrinsiknya ( $H_{ci}$ ). Demikian pula halnya dengan besar remanensi ( $B_r$ ) serta besar *energy product* maksimum  $(BH)_{max}$  untuk setiap bahan hasil sintesis yang dilakukan.





Gambar 8a-g. Kurva hysteresis masing-masing untuk bahan HSM, CRM(Barite), PBA, Komersial, CRM, LK, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Barite) diukur dengan VSM

Berdasarkan Tabel 1 di atas, jelas terlihat untuk bahan yang disintesis menggunakan HSM, CRM sebagai sumber oksida besi dan BaCO<sub>3</sub>, menunjukkan sifat magnetik hampir sama dengan bahan produk komersial dan dapat dikategorikan sebagai bahan ferrite magnet keras[5]. Namun demikian apabila digunakan BaSO<sub>4</sub> (teknis) terlihat sifat magnetik bahan sedikit lebih rendah walaupun menggunakan CRM dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Merck) sebagai sumber oksida besi. Hal ini sangat mungkin disebabkan unsur-unsur pengotor di dalam BaSO<sub>4</sub> walaupun cukup rendah dan hampir tidak terdeteksi dalam pola difraksi sinar-x seperti ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7, namun

berpengaruh di dalam mekanisme interaksi magnetik di dalam sistem kristal bahan. Pengaruh pengotor ini juga sangat nampak untuk bahan-bahan yang disintesis menggunakan PBA dan LK walaupun menggunakan bahan BaCO<sub>3</sub>.

Tabel 1. Parameter yang menunjukkan karakteristik magnet bahan

Cuplikan	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	B <sub>r</sub> (kG)	H <sub>c</sub> (kOe)	H <sub>ci</sub> (kOe)	(BH) <sub>max</sub> (MGoe)
HSM	4,8519	2,39	1,89	2,85	1,141
CRM-Barite	4,2938	1,78	1,51	2,95	0,674
PBA	3,8350	1,50	1,13	1,57	0,457
Komersial	4,7112	2,43	1,67	2,0	1,142
CRM	5,0507	2,34	1,94	3,88	1,136
LK	4,3119	1,48	1,06	1,53	0,430
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Barite	4,4814	1,85	1,56	3,17	0,722

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini jelas terlihat bahwa bahan magnet barium hexaferrite BaO.6Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> telah berhasil disintesis dengan memanfaatkan sumber daya alam lokal baik yang berasal dari limbah industri maupun pasir besi. Bahan barium hexaferrite yang disintesis menggunakan bahan dasar CRM ataupun HSM dengan BaCO<sub>3</sub> memberikan sistem fasa maupun sifat magnetik yang setara dengan produk yang tersedia secara komersial. Bahan pengotor yang terkandung di dalam bahan dasar sangat berpengaruh terhadap sifat magnetik bahan yang diperoleh. Namun demikian semua bahan magnet hasil sintesis dalam kegiatan ini dapat digolongkan ke dalam bahan magnet keras, yang ditandai oleh tingginya nilai koersivitas 1 kOe sehingga memungkinkan untuk diaplikasikan sebagai komponen bahan magnet permanen. Hal ini mengingat untuk keperluan praktis nilai (BH)<sub>max</sub> akan sangat bergantung pada kebutuhan pemakai (konsumen). Pembuatan komponen magnet berdasarkan hasil penelitian ini telah direncanakan di waktu yang akan datang.

## DAFTAR ACUAN

- [1]. Komunikasi Pribadi.
- [2]. [http://www.damar.or.id/artikel/wilayah\\_pesisir.php](http://www.damar.or.id/artikel/wilayah_pesisir.php)
- [3]. Grace Tj. Sulungbudi dkk., (dalam persiapan).
- [4]. ROLLIN J. PARKER, *Advances in Permanent Magnetism*, A Willey Interscience Publication, (1989)
- [5]. H. SATABLEIN, *Hard Ferrites and Plastoferrites, Ferromagnetic Materials*, 3, Ed. By E. P. Wohlfarth, North-Holland Publishing Company, (1982)