

Analisis Sifat Mekanis Komposit Barium Hexaferrit dengan Penguat Silika

Ari wibowo

Program studi teknik mesin, politeknik negeri batam
Batam Center, Jl. Ahmad Yani, Kepulauan Riau 29461
Email: ariwibowo@polibatam.ac.id

Abstract: *barium heksaferrit widely used as a magnetic material. The higher mechanical strength of the material, it will result the better application. This experiment aims to determine the effect of adding silica composition and sintering temperature on barium hexaferrit matrix composites against mechanical properties. Barium hexaferrit material was ball milled so that the size of the powder can be $\leq 74\mu\text{m}$. The obtained Barium hexaferrite powder is then mixed with a silica composition of 0%, 1%, 2%, 3%, 4%. The mixture was then pressed with pressure 23 Mpa to shape the hardness, bending and impact test specimens. The green body was then sintered at 1000°C, 1100°C and 1200°C temperature for 3 hours with air environment. Composites already made and then tested with density test, bending test, impact test and microstructure test. Best mechanical properties obtained on the composition of SiO₂ 1 wt.% And the sintering temperature 1100°C.*

keywords: *barium hexaferrite, Composite, Silika*

Intisari: barium hexaferrite banyak digunakan sebagai bahan magnet. Semakin tinggi kekuatan mekanis bahan tersebut maka akan semakin baik dalam penggunaannya. penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan komposisi penguat silika dan suhu sintering pada komposit dengan matrik barium hexaferrit terhadap sifat mekanis. Bahan barium heksaferrit yang sudah ada di ball mill sehingga ukuran serbuknya menjadi $\leq 74\mu\text{m}$. Serbuk *barium hexaferrite* yang didapat kemudian dicampur silika dengan komposisi 0%, 1%, 2%, 3%, 4%. Hasil campuran tersebut kemudian dicetak dengan tekanan 23 Mpa sesuai bentuk uji spesimen bending dan impak. Hasil cetakan tersebut selanjutnya disintering pada suhu 1000°C 1100°C dan 1200°C selama 3 jam dengan lingkungan udara. Komposit yang sudah dibuat kemudian diuji dengan uji densitas, uji bending, uji impak, uji struktur mikro. Sifat mekanis terbaik didapat pada komposisi SiO₂ 1 wt.% dan suhu sinter 1100°C.

kata kunci: *barium hexaferrite, Komposit, Silika*

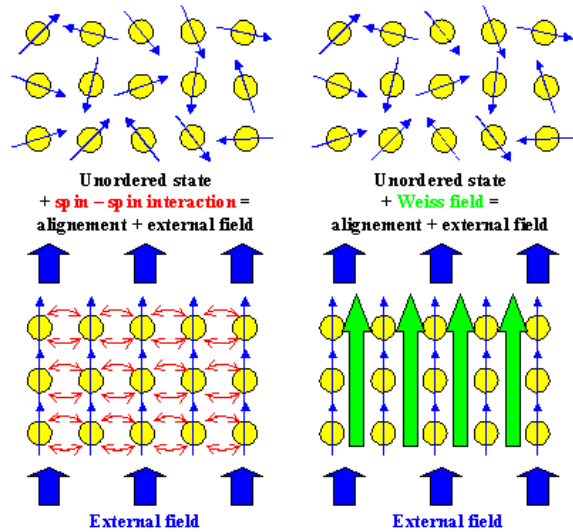
Barium hexaferrite merupakan bahan magnet permanen yang banyak dikenal. *Barium hexaferrite* memiliki rumus kimia BaFe₁₂O₁₉ yang banyak digunakan dalam media pembangkitan listrik pada generator, perangkat *microwave* dan bidang perisai elektromagnetik (Shams dkk, 2005). *Ferrite* banyak digunakan meskipun memiliki kekuatan magnetik kurang jika dibanding magnet jenis lain. Karena sifat ini, banyak metode sintesis telah dikembangkan untuk mendapatkan biaya produksi partikel serbuk *Barium hexaferrite* yang rendah. Baru-baru ini, telah banyak dikembangkan dengan proses paduan mekanik/ *mechanical alloying* dengan energi yang sangat tinggi. Magnet yang diproduksi kebanyakan berbentuk komposit dengan matrik keramik magnet itu sendiri dan penguat keramik. Perkembangan teknologi komposit saat ini banyak menggunakan silika

sebagai bahan aditif yang mampu memberikan sifat yang berbeda pada suatu material yang ditambahkan. Penambahan bahan silika dalam pembuatan material magnet digunakan untuk mengontrol pertumbuhan butir dan juga meningkatkan kekuatan mekanik material. Selain itu penambahan material silika diharapkan tidak akan mengurangi sifat magnet komposit.

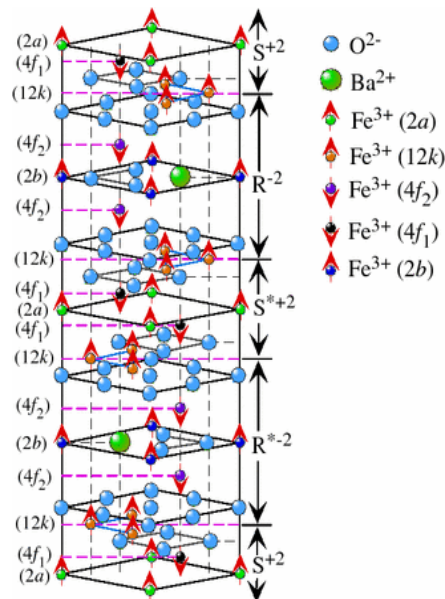
Dasar teori

barium hexaferrite termasuk bahan magnet yang bersifat ferromagnetik. *Ferromagnetic* merupakan bahan yang mempunyai resultan medan magnet atomis besar yang disebabkan oleh momen magnetik *spin electron* bebas yang tidak memiliki pasangan elektron. Arah domain electron pada bahan ferromagnetik ditunjukkan oleh Gambar 1.

Barium hexaferrite memiliki struktur kristal *hexagonal close packed* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 1. Arah domain-domain dalam bahan *ferromagnetic* sebelum dan sesudah diberi medan magnet luar (Föll, 2004)

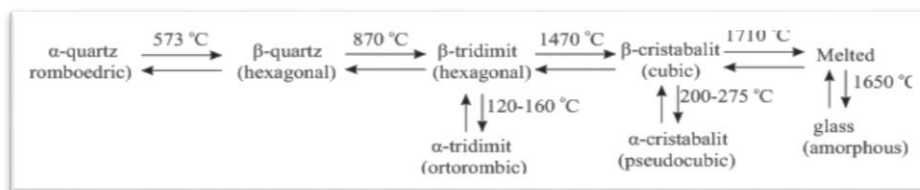


Gambar 2. Struktur kristal $BaFe_{12}O_{19}$ (Ümit, 2009)

Komposit adalah kombinasi dua material atau lebih yang memiliki sifat dan komposisi yang berbeda untuk menghasilkan sebuah material baru, masing masing bahan tidak larut satu sama lain dan juga tidak bereaksi secara kimia membentuk senyawa lain. Sifat komposit yang dicapai tidak sama dengan material penyusunnya. Pada material komposit sebuah material akan bertindak sebagai matrik, sedangkan material yang lain akan berfungsi sebagai penguat (*reinforcement*). Syarat terbentuknya komposit karena adanya ikatan permukaan antara matriks dan penguat. Ikatan antar permukaan ini terjadi karena adanya gaya adhesi dan kohesi (Uin, 2013).

Matrik komposit *Barium hexaferrite* berfungsi sebagai pengikat dan pelindung penguat serta membagi dan meneruskan beban yang dialami ke penguat silika. Silika digunakan sebagai kuarsa dengan peran sebagai kontrol struktur mikro. Sifat dan karakteristik komposit sangat ditentukan oleh material yang menjadi penyusunnya. Perbandingan berdasarkan *rule of mixture* material penyusun akan proporsional terhadap sifat komposit. Selain itu bentuk dan penyusunan struktural dari material penyusun juga sangat berpengaruh dan juga interaksi yang terjadi antar material penyusun akan sangat mempengaruhi sifat komposit.

Silika merupakan jenis keramik oksida yang paling banyak digunakan untuk bahan gelas/kaca dan juga untuk serat optik. Silika yang digunakan terutama dalam produksi kaca, memiliki sejumlah bentuk kristal yang berbeda-beda (*polimorf*) selain bentuk *amorf* yang tergantung oleh suhunya seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3. Ketika silikon dioksida SiO_2 didinginkan dengan cepat, tidak mengkristal tapi membeku sebagai gelas. suhu transisi gelas SiO_2 murni adalah sekitar 1475 K. Seperti kebanyakan kristal *polimorf* struktur atom dalam gelas silika murni adalah *tetrahedra* atom oksigen di sekitar atom silikon.



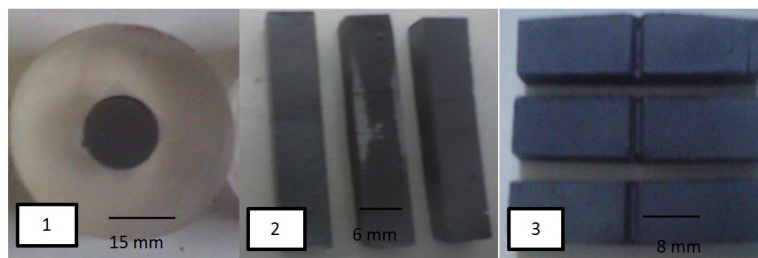
Gambar 3. Perubahan fase silika (Stefan dkk, 2011)

Metode Penelitian

Pembuatan komposit dimulai dengan penyiapan bahan-bahan barium heksaferit ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) yang telah dibuat dengan ukuran butir $\leq 74\mu\text{m}$ dan penguat dari silika (SiO_2) 99% serta molases sebagai *binder*. Pencampuran ketiga bahan dengan variasi komposisi silika 0, 1, 2, 3 dan 4 wt% dan *binder* sebanyak 2 wt.% untuk setiap variasi dengan *turbula mixer* selama 1 jam. Kompaksi bahan tersebut dengan tekanan 23 MPa untuk membentuk *green body*. *Green body* yang sudah terbentuk disintering pada suhu 1000, 1100 dan 1200°C selama 3 jam di lingkungan udara untuk mengetahui temperatur terbaik *sintering*. Spesimen yang sudah dibuat seperti gambar 4 dilakukan Pengujian densitas, kekerasan, *bending* dan impak dan struktur mikro untuk mengetahui kekuatan mekanis terbaik. Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *vickers* dengan menggunakan beban 100 gram dengan durasi penekanan selama 10 detik. Dalam pengujian *bending* dilakukan penekanan/pemberian beban secara bertahap sampai spesimen mengalami patah dengan nilai tumpuan panjang S_1 sebesar 30 mm dan tumpuan penekan S_2 sebesar 15 mm. Pengujian impak menggunakan metode *charpy* dengan beban (G) 1 kg dan sudut awal (α) 156° serta panjang lengan (R) 0.83 m.

terjadinya mekanisme *sintering* antara $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ dan SiO_2 ketika disinter pada suhu 1000°C. Hal sebaliknya terjadi ketika komposit disinter pada suhu 1100°C terjadi peningkatan densitas yang cukup signifikan pada komposisi silika 1 wt.% yang mana silika tersebut membantu terbentuknya mekanisme *sintering* yang selanjutnya terjadi penurunan densitas yang mungkin karena berlebihnya jumlah komposisi silika sehingga dianggap sebagai pengotor. Sedangkan pada suhu sinter 1200°C terjadi penurunan densitas dengan meningkatnya komposisi silika.

Pada pengujian kekerasan didapatkan diameter injakan sebanyak lima titik. Gambar 6 menunjukkan hubungan kekerasan $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{SiO}_2$ terhadap komposisi silika, dengan meningkatnya komposisi SiO_2 maka kekerasan bahan juga akan meningkat. Sedangkan pada suhu sinter 1100°C tercapai kekerasan maksimum pada komposisi SiO_2 1 wt.%. Meningkatnya kekerasan komposit secara signifikan ini disebabkan oleh transformasi penguat silika dari *quartz* menjadi *tridymite*. Transformasi *quartz* menjadi *tridymite* terjadi pada rentang suhu 870-1470°C (Stefan dkk, 2011).



Gambar 4. Spesimen pengujian. 1) kekerasan 2) bending 3) impak

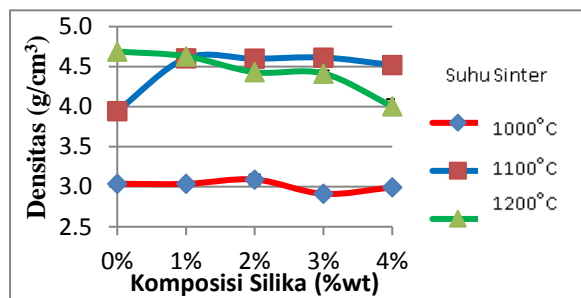
Hasil dan pembahasan

Spesimen hasil sintering kemudian di uji densitas, kekerasan, bending, dan impak. Pengujian densitas dilakukan untuk mengetahui densitas *bulk* setiap komposit terhadap penguat silika. Gambar 5. Menunjukkan hubungan densitas terhadap peningkatan komposisi silika dan suhu sinter komposit $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{SiO}_2$. Pada umumnya meningkatnya komposisi silika akan menurunkan densitas $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{SiO}_2$ hal ini selain diakibatkan oleh rendahnya densitas silika terhadap *barium hexaferrite* juga karena belum

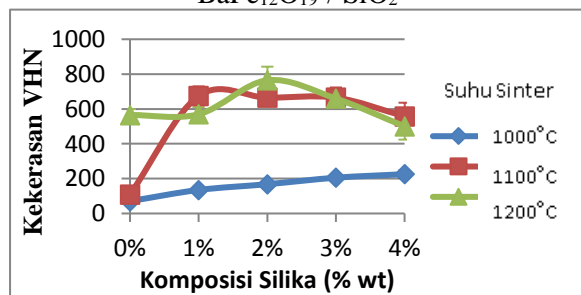
Gambar 7 menunjukkan hubungan kekuatan *bending* komposit $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}/\text{SiO}_2$ terhadap suhu sinter dan komposisi silika. Pada suhu sinter 1000°C secara umum tidak terjadi peningkatan maupun penurunan kekuatan *bending* secara signifikan karena pada suhu tersebut belum terjadi *final stage sintering* yaitu hilangnya porositas ketika terjadi mekanisme *sintering* (German, 1994) ditunjukkan dengan densitas yang hampir sama sehingga kekuatan bendingnya juga relatif sama. Sedangkan pada suhu sinter 1100°C dan 1200°C terjadi kenaikan

dan penurunan kekuatan *bending* yang signifikan hal ini dikarenakan terjadinya mekanisme *sintering* yang mengakibatkan ikatan atom secara fisis yang lebih baik jika dibanding dengan suhu sinter 1000°C selain itu dikarenakan komposit keramik kekuatannya sangat tergantung dengan *micro crack* seperti yang ada pada material sehingga bahan yang semakin panjang cracknya mengakibatkan bahan menjadi mudah patah, hal ini juga yang mengakibatkan kekuatan bahan komposit keramik sangat bervariasi ditunjukkan dengan lebarnya *error bar* pada Gambar 7.

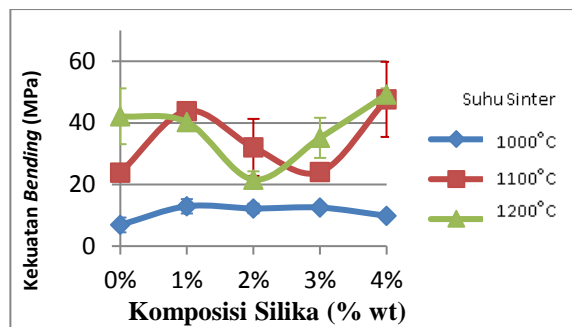
Gambar 8. menunjukkan hubungan kekuatan impak komposit BaFe₁₂O₁₉/SiO₂ terhadap suhu sinter dan komposisi silika. Jika dilihat dari segi komposisi silika terlihat bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan impak baik spesimen yang disinter pada suhu 1000, 1100 dan 1200°C hal ini dikarenakan komposit keramik tersebut mempunyai sifat yang getas sehingga kekuatan impaknya relatif kecil. Sedangkan dilihat dari segi suhu sinter terjadi peningkatan kekuatan impak terutama dari suhu 1000°C sampai suhu 1100°C hal ini memang dikarenakan sudah terjadinya mekanisme *sintering* yang membuat butir partikel komposit saling berikatan sehingga kekuatannya meningkat.



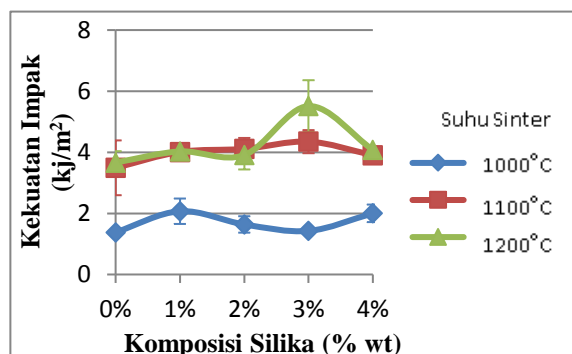
Gambar 5. Hasil uji densitas Komposit BaFe₁₂O₁₉ / SiO₂



Gambar 6. Hasil uji Kekerasan Komposit BaFe₁₂O₁₉ / SiO₂

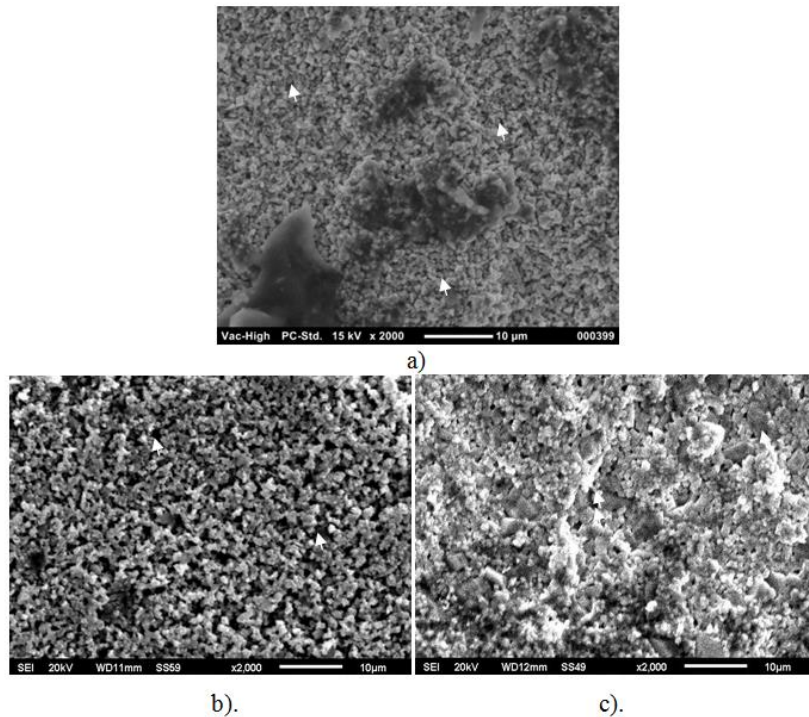


Gambar 7. Kekuatan *Bending* komposit BaFe₁₂O₁₉ / SiO₂



Gambar 8. Kekuatan impak komposit BaFe₁₂O₁₉ / SiO₂

Pengujian struktur mikro dilakukan pada spesimen dengan komposisi silika 0 wt.% yang disinter pada suhu 1000°C dan silika 4 wt.% yang disinter pada suhu 1000°C dan suhu 1200°C. Gambar 9a menunjukkan bahwa spesimen yang disinter pada suhu 1000°C memiliki butir yang lebih kecil dibandingkan pada Gambar 9b dan Gambar 9c dan mulainya terjadinya pertumbuhan butir pada beberapa titik seperti yang ditunjukkan tanda panah serta pori-pori kecil yang sangat banyak sehingga hal ini bisa menjelaskan mengapa spesimen yang disinter pada suhu tersebut memiliki densitas yang rendah. Sedangkan pada Gambar 9c sudah terjadi pertumbuhan butir yang merata tetapi memiliki pori-pori yang lebih besar jika dibandingkan dengan gambar sebelumnya namun hanya terjadi pada beberapa titik seperti yang ditunjukkan oleh panah. Secara keseluruhan butir-butir partikel pada Gambar 9 memiliki bentuk *irregular* dan *agglomerate*.



Gambar 9. Uji SEM permukaan patahan uji bending a). 1000°C, SiO₂ 0 wt.%, b). 1200°C, SiO₂ 0 wt.%, c). 1200°C, SiO₂ 4 wt. %

Kesimpulan

1. Kenaikan suhu sinter meningkatkan nilai densitas, kekerasan, kekuatan *bending* dan kekuatan impak komposit sedangkan kenaikan nilai komposisi silika secara umum hanya berpengaruh terhadap meningkatnya nilai densitas, kekerasan, kekuatan *bending* dan kekuatan impak komposit pada suhu sinter 1100°C dengan komposisi SiO₂ 1 wt.%. selanjutnya terjadi penurunan terhadap sifat mekanis.
2. Kenaikan suhu sinter dan komposisi silika meningkatkan ukuran butir komposit BaFe₁₂O₁₉/SiO₂.

DAFTAR PUSTAKA

Föll, H., 2004 “*Electronic Materials*” University of Kiel, Faculty of Engineering
 German, R., 1994, “*Powder Metallurgy Science*” second edition, metal powder industries federation

Shams N., Liu X., Matsumoto M., Morisako A., 2005., *Manipulation of crystal orientation and microstructure of barium ferrite thin film*, Journal of Magnetism and Magnetic Materials 290-291 (2005) 138-140.

Stefan., Chiriac R., Nicolicescu C., Ciobanu M., 2011. “*Research On Synthesis Of Barium Hexaferrite Powders Processed By Mechanical Alloying*” University Of Craiova, Faculty Of EMTS, Romania

Uin, 2013 “*Teknologi Material Komposit*” UIN Malang, Malang

Ümit Özgür ., Yahya Alivov and Hadis Morkoç, 2009 “*Microwave ferrites, part 1: fundamental properties*” Journal of Materials Science: Materials in Electronics, Springer