Jurnal Sains Materi Indonesia
Indonesian Journal of Materials Science

Vol. 8, No. 3, Juni 2007, hal : 174 - 177
ISSN : 1411-1098

Akreditasi LIPI Nomor : 536/D/2007
Tanggal 26 Juni 2007

FABRIKASI HIDROGEL MAGNETIK BERBASIS NANO PARTIKEL Fe_3O_4

Sunaryono[1], Munaji[1], Ratna Ediati[2], Triwikantoro[1] dan Darminto[1]

[1]*Jurusan Fisika, FMIPA-ITS*
Kampus ITS Keputih Sukolilo, Surabaya 60111
[2]*Jurusan Kimia, FMIPA-ITS*
Kampus ITS Keputih Sukolilo, Surabaya 60111

ABSTRAK

FABRIKASI HIDROGEL MAGNETIK BERBASIS NANO PARTIKEL Fe_3O_4. Telah berhasil difabrikasi hidrogel magnetik dengan menggunakan nano partikel berukuran < 100 nm yang diperoleh dari bahan dasar pasir besi. Untuk membentuk gel digunakan *polyvinyl alcohol* (*PVA*) yang dicampur air sebagai media pengikat silang. Respons magnetik dari hidrogel dapat bervariasi bergantung pada kandungan Fe_3O_4 yang ditambahkan dengan kadar 2,5 %massa hingga 15 %massa dari massa total gel. Ferogel dapat menyimpang dan mulur karena adanya pengaruh medan magnet. Simpangan dan pemuluran ferogel sebanding dengan besarnya konsentrasi Fe_3O_4 di dalam pengaruh medan magnet. Sementara itu, wujud fisik gel dibuat dengan kekentalan bervariasi.

Kata kunci **:** Fe_3O_4, Magneto elastik, *PVA*

ABSTRACT

FABRICATION OF Fe_3O_4 NANO PARTICLE BASED MAGNETIC HYDROGEL. Fabrication of magnetic hydrogel using nano particle having <100nm of size obtained from iron sand raw material have been done. The formation of gel was conducted by using polyvinyl alcohol (PVA) mixed with water as cross-linking media. Magnetic response from hydrogel could be varried depend on the contanment of added Fe_3O_4 in concentration of 2.5-15 %wt from gel total mass. Ferogel could be distorted and elongated due to the effect of magnetic field. The distortion and elongation of ferogel were equal with concentration of Fe_3O_4 under the effect of magnetic field. Meanwhile, the physical appearance of gel was produced with varried thickness.

Key words : Fe_3O_4, Magneto Elastic, PVA

PENDAHULUAN

Bahan partikel magnet dalam pengembangan teknologi sains material saat ini terus dikembangkan dan menarik untuk diteliti. Bidang kajian partikel magnetik juga telah banyak digunakan, antara lain dalam bidang biosains dan bioteknologi. Beberapa diantara penggunaan tersebut adalah : *Separasi Immunomagnetic* dari sel, Penentuan dan pelacakan campuran (*compound*) aktif secara biologis, Imobilisasi dan modifikasi campuran (*compound*) aktif secara biologi, *Agent* kontras untuk investigasi dan *MRI*, *Magnetic fluid/hydrogel hyperthermia* dan otot buatan (*artificial muscles*) [1].

Khusus pada aplikasi *hydrogel hyperthermia* dan otot buatan (*artificial muscles*), partikel magnet dibuat berbentuk gel. Ferogel ini merupakan kombinasi sifat magnetik dari *filler* magnet dan sifat elastik dari hidrogel. Karena pengaruh kombinasi sifat inilah, ferogel terjadi perubahan bentuk ketika ada pengaruh medan magnet luar. Berbagai macam percobaan telah dilakukan untuk mensintesis otot buatan (*artificial muscles*) dan telah banyak pendekatan dikembangkan mulai dari yang mirip aktuator pada robot sampai pada aktuator lunak yang lebih canggih [2].

Telah dibuat gel dengan bahan dasar polimer yaitu *Poly N-Isopropyl Acrylamide* (*PNIPA*) dan *polyacrylamide* [3]. Telah dikembangkan gel yang sensitif terhadap medan magnet [2]. Dalam gel tersebut terdapat partikel magnet berbentuk koloid yang terdispersi di dalamnya. Selanjutnya telah dibuat komposit dengan bahan *polyvinyl alcohol (PVA)* dan Fe_3O_4 *(ferrit)* [4]. Telah dipadukan sifat elastik dari *PVA* gel dan sifat magnetik dari partikel Fe_3O_4 berukuran mikrometer.

Pada makalah ini akan dilaporkan fabrikasi hidrogel magnetik dengan bahan dasar Fe_3O_4 dalam ukuran nanometer. *Nanopartikel* Fe_3O_4 didapatkan

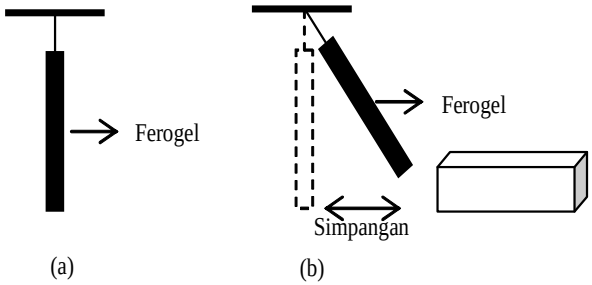
dengan cara mengekstraksi dan mensintesis pasir besi dengan metode kopresipitat. Fokus kajian yang akan dipelajari adalah mengkarakterisasi magneto elastik dari hidrogel dengan menguji kemampuan penyimpangan dan pemuluran ferogel dari pengaruh medan magnet. Hal lain yang juga dipelajari adalah pengaruh persentase berat partikel Fe_3O_4 dan kekuatan medan magnet yang diberikan.

METODE PERCOBAAN

Bahan dasar yang digunakan dalam makalah ini berupa pasir besi yang diambil dari Sungai Regoyo, Desa Gonduruso Kecamatan Pasirian, Kabupaten Lumajang, Jawa Timur. Selain itu bahan-bahan pendukung lainnya terdiri dari bahan larutan asam klorida (HCl) 12,063 M, larutan *ammonium hidroksida* (NH_4OH) 6,5 M, *Polyvinyl alcohol (PVA)* dan *aqua DM*.

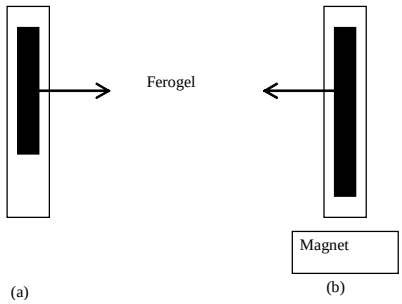
Peralatan yang digunakan untuk karakterisasi antara lain *X-Ray Difractometer (XRD)* JEOL JDX-3530, *SEM*, pangaduk magnet (*magnetic stirrer*), gelas ukur, gelas *baker*, magnet permanen, timbangan digital, pipet, penggaris, pengaduk, corong, kertas saring dan tisu.

Langkah-langkah dalam pembuatan ferogel adalah sebagai berikut: (1) *PVA* dicampur dengan *aquadest* dengan perbandingan 23:100, (2) Campuran ini kemudian diaduk dan dipanaskan dalam *magnetic stirrer* pada suhu antara 70 ºC hingga 90 ºC untuk meningkatkan kelarutan PVA dalam *aquadest*, (3) Setelah *PVA* benar-benar larut dalam *aquadest*, kemudian Fe_3O_4 dimasukkan dalam larutan dan diaduk sampai merata, dan (4) Selanjutnya larutan ini didinginkan dan dipanaskan secara berulang-ulang sampai terbentuk gel yang diinginkan. Gel yang telah terbentuk sempurna dari hasil pembuatan dengan metode konvensional yaitu didinginkan/dipanaskan secara berulang-ulang [5], kemudian dibuat silinder dengan panjang 10 cm dan diameter 6 mm.



Gambar 1. Set alat percobaan untuk menguji simpangan ferogel: (a) tanpa medan magnet; (b) dengan medan magnet.

Untuk menguji simpangan ferogel di dalam pengaruh kekuatan medan magnet, set alat percobaan ditunjukkan oleh Gambar 1. Gambar 1(a) menunjukkan ferogel dalam kondisi awal sebelum di beri medan magnet dan Gambar 1(b) menunjukkan adanya penyimpangan ferogel karena adanya medan magnet. Bagian atas ferogel dibuat tetap sedangkan ferogel bagian bawah bebas menyimpang sesuai konsentrasi Fe_3O_4 dan kekuatan medan magnet yang digunakan.



Gambar 2. Set alat percobaan untuk menguji pemuluran ferogel: (a) tanpa medan magnet; (b) dengan medan magnet.

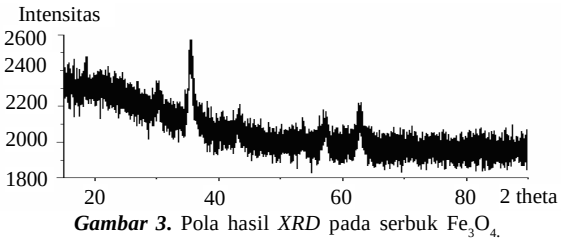
Sedangkan untuk menguji pemuluran ferogel, ditunjukkan oleh set alat percobaan Gambar 2. Gambar 2(a) menunjukkan ferogel dalam kondisi sebelum di beri medan magnet dan Gambar 2(b) menunjukkan adanya pemuluran ferogel karena kekuatan medan magnet. Dari set alat percobaan ini kebergantungan pemuluran terhadap konsentrasi Fe_3O_4 di dalam pengaruh kekuatan medan magnet dapat diamati.

HASIL DAN PEMBAHASAN

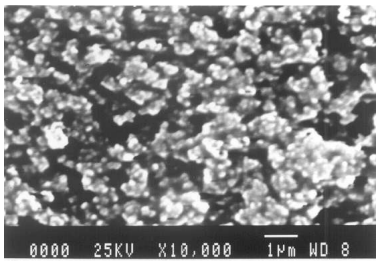
Karakterisasi Fe_3O_4

Melalui metode kopresipitasi, diperoleh partikel *magnetite* Fe_3O_4 dengan ukuran kristal sekitar 7,06 nm [6]. Penentuan ukuran tersebut dilakukan dengan memakai Persamaan *Debye-Scherrer.*

Ukuran ini berlaku jika partikel merupakan partikel primer yang terdiri dari kristal tunggal. Tetapi, partikel umumnya berupa partikel sekunder yang tersiri dari sejumlah butir, sehingga ukuran partikel lebih besar. Hasil pengujian *SEM* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Pola hasil *XRD* pada serbuk Fe_3O_4.

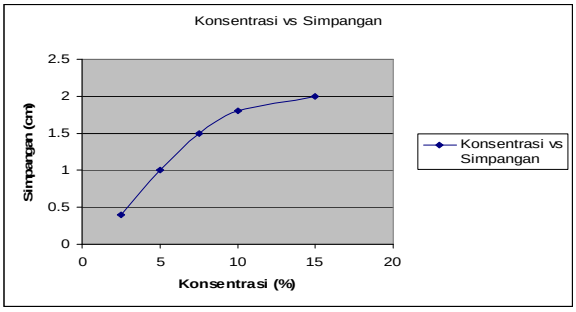


Gambar 4. Gambar strukturmikro dari serbuk magnetik (Fe_3O_4) menggunakan *SEM*.

Vol. 8, No. 3, Juni 2007, hal : 174 - 177
ISSN : 1411-1098

Simpangan Ferogel Dalam Pengaruh Medan Magnet

Medan magnet statis yang digunakan dalam percobaan ini sebesar 70 mT. Hasil pengamatan simpangan ferogel dalam pengaruh kekuatan medan magnet dapat ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik hubungan konsentrasi Fe_3O_4 terhadap simpangan ferogel.

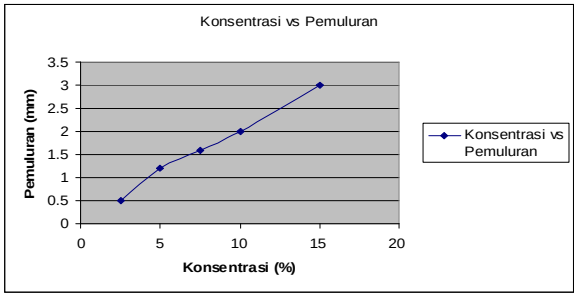
Dari Gambar 5 dapat dijelaskan bahwa dengan bertambahnya konsentrasi Fe_3O_4, simpangan ferogel semakin meningkat. Dan setelah pengaruh medan magnet dihilangkan, ferogel kembali ke posisi semula secara tiba-tiba. Simpangan yang teramati dalam percobaan ini adalah simpangan maksimum yang dimiliki oleh masing-masing ferogel dengan konsentrasi Fe_3O_4 yang berbeda-beda. Untuk konsentrasi Fe_3O_4 yang diberikan, penyimpangan naik dengan kuatnya medan magnet.

Kebergantungan simpangan ferogel terhadap konsentrasi Fe_3O_4 yang diilustrasikan pada Gambar 1(b), menunjukkan partikel magnetik dan hidrogel bergerak bersama sebagai sebuah sistem di dalam pengaruh medan magnet yang digunakan. Ferogel yang menyimpang secara maksimum dan kembali pada posisi semula secara tiba-tiba dalam geraknya, tanpa teramati adanya aliran kental hidrogel. Hal ini dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan kombinasi dan ukuran yang tepat dari kandungan Fe_3O_4 dan medan magnet dapat menghasilkan simpangan besar dari ferogel, yang dalam terapannya diperlukan untuk sistem penggerak dan otot buatan.

Pemuluran Ferogel Dalam Pengaruh Medan Magnet

Serupa dengan perlakuan sebelumnya, medan magnet statis yang digunakan dalam percobaan sebesar 70 mT. Hasil pengamatan pemuluran ferogel dalam pengaruh kekuatan medan magnet dapat ditunjukkan pada Gambar 6.

Dari grafik di atas dapat dijelaskan bahwa dengan bertambahnya konsentrasi Fe_3O_4, pemuluran ferogel semakin meningkat. Dan setelah pengaruh medan magnet dihilangkan, ferogel kembali ke posisi semula secara tiba-tiba. Pemuluran yang teramati dalam percobaan ini adalah pemuluran maksimum yang dimiliki oleh



Gambar 6. Grafik hubungan konsentrasi Fe_3O_4 terhadap pemuluran ferogel.

masing-masing ferogel dengan konsentrasi Fe_3O_4 yang berbeda-beda. Untuk konsentrasi Fe_3O_4 yang diberikan, pemuluran meningkat dengan kuatnya medan magnet.

Hasil pemuluran ini sebanding dengan hasil penyimpangan yang telah dijelaskan sebelumnya, dimana pemuluran ferogel bergantung pula pada konsentrasi Fe_3O_4 yang diilustrasikan pada Gambar 2 (b). Hal ini menunjukkan bahwa partikel magnetik dan hidrogel mulur bersama sebagai sebuah sistem di dalam pengaruh kekuatan medan magnet yang digunakan. Ferogel yang mulur secara maksimum dan kembali pada posisi semula secara tiba-tiba dalam geraknya, tanpa teramati adanya aliran kental hidrogel. Berdasarkan hal ini dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan kombinasi dan ukuran yang tepat dari kandungan Fe_3O_4 dan medan magnet dapat menghasilkan pemuluran maksimum dari ferogel.

KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan, yaitu pengaruh simpangan dan pemuluran ferogel di dalam pengaruh medan magnet sebesar 70 mT. Dengan perbedaan konsentrasi Fe_3O_4 berkisar dari 2,5 %massa hingga 15 %massa dari massa total gel, dapat disimpulkan bahwa:

1. Ferogel dapat menyimpang dan mulur karena adanya pengaruh medan magnet serta kembali pada posisi semula setelah pengaruh medan magnet dihilangkan.
2. Simpangan dan pemuluran ferogel sebanding dengan besarnya konsentrasi Fe_3O_4 di dalam pengaruh medan magnet.

DAFTAR ACUAN

[1]. RAMANUJAN, R.V., Clinical Application of Magnetic Nanomaterials, *Proceeding First International Bioengineering Conference*, Singapore, (2004)

[2]. ZRINYI M and SZABO D., Muscular Contraction Mimicked by Magnetic Gels, *Proc. 7th Int. Conf. On Elektro-Rheological Fluids and Magneto Rheological Suspensions*, Honolulu, July 1999, Ed. R TAO, Singapore: World Scientific, (2000) 11-17

[3]. LI Y, HU Z and CHEN Y., *J.Appl. Polym. Sci.*, **63** (1997) 1173-1178

[4]. RAMANUJAN, R.V and L.L. LAO., *The Mechanical Behaviour of Smart Magnet Hydrogel Composites*, Institute of Physics Publishing, Smart Materials and Structures, 15 (2006)

[5]. HASSAN C M and PEPPAS N A., *Adv. Polym. Sci.*, **153** (2000) 37-65

[6]. KURNIAWAN, D., Sintesis Nanopartikel Ferrit MFe_2O_4 (M=Fe, Ni, Zn, dan Mn) dari Pasir Besi dan Karakterisasinya Sebagai Preparasi Fluida Magnet, *Tugas Akhir*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, (2006)