

PENGARUH DOPING ZN DAN KONSENTRASI *FILLER* PARTIKEL NANO $Fe_{3-x}Zn_xO_4$ TERHADAP PEMULURAN FEROGEL $Fe_{3-x}Zn_xO_4$ -PVA

Mimin Nurul Kholifah¹, Neni Suryani¹, Chusnana Insjaf Yogihati¹,
Ahmad Taufiq¹, Sunaryono^{1,*}

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang,
Jalan Semarang No. 5, Malang, 65145, Indonesia

*Email Koresponding Penulis: sunaryono.fmipa@um.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan ferogel dalam bidang biomedis, seperti pengantar obat (*drug delivery*), pembalut luka, dan otot buatan terus dikembangkan. Salah satu kajian tentang pemanfaatan ferogel tersebut adalah fabrikasi ferogel dengan bahan *filler* $Fe_{3-x}Zn_xO_4$. Partikel nano $Fe_{3-x}Zn_xO_4$ berhasil disintesis menggunakan metode sonokimia berbasis pasir besi lokal. Pendopongan ion Zn^{2+} ke dalam partikel Fe_3O_4 menjadi partikel nano $Fe_{3-x}Zn_xO_4$ bertujuan untuk memperoleh partikel baru dengan sifat magnetik dan sifat mekanik yang unik. Hidrogel *Polyvinyl Alcohol* (PVA) merupakan bahan matrik yang digunakan dalam pembuatan ferogel. Ferogel $Fe_{3-x}Zn_xO_4$ -PVA berhasil difabrikasi menggunakan metode *freezing-thawing*. Pengaruh doping Zn terhadap elastisitas ferogel dapat diketahui melalui pengujian magneto elastisitas. Hasil pengujian magneto elastisitas menunjukkan bahwa sampel ferogel yang diisi dengan filler $Fe_{3-x}Zn_xO_4$ untuk variasi doping Zn menghasilkan respon mekanik berbeda. Ferogel dengan doping Zn = 0 menghasilkan pemuluran maksimum sebesar 0,5 cm, sedangkan untuk doping Zn = 0,2 diperoleh pemuluran sebesar 0,3 cm. Dengan demikian, penambahan doping Zn sebesar 0,2 tidak cukup efektif untuk meningkatkan respon mekanik dari ferogel.

Kata Kunci: $Fe_{3-x}Zn_xO_4$, PVA, ferogel, sonokimia, *freezing thawing*, magneto-elastisitas.

1. Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi tentang partikel nano magnetik mampu menciptakan partikel baru berbentuk gel atau ferogel. Ferogel merupakan kombinasi sifat magnetik dari *filler* magnet dan sifat elastik dari hidrogel [1]. Ferogel dapat diaplikasikan dalam bidang biomedis, seperti otot buatan, dan *drug delivery* [2]. Keunikan yang dimiliki ferogel baik dari bentuk dan sifatnya membuat material ini terus dikembangkan.

Ferogel difabrikasi dengan melarutkan partikel nano magnetik dalam polimer. Partikel nano magnetik dihasilkan dari sintesis pasir besi dengan metode sonokimia hingga menghasilkan Fe_3O_4 dalam ukuran nanometer. Pada penelitian ini, partikel nano magnetik dikombinasikan dengan Zn sehingga menjadi partikel nano $Fe_{3-x}Zn_xO_4$. Pendopongan ini bertujuan untuk memperoleh partikel baru dalam ukuran dan distribusi nano. Partikel dengan ukuran nano mengindikasikan bahwa partikel tersebut bersifat superparamagnetik [3].

Polimer yang dapat digunakan untuk sintesis ferogel beraneka macam diantaranya, *Polyvinyl Alcohol* (PVA), *Carboxymethyl Starch Sodium* (CMS), *Poly(N-Isopropylacrylamide)* (PNIPAM), *Poly(N-tert-butylacrylamide-co-acrylamide)*, *Poly(acrylic acid)* (PAA) dan lain sebagainya [4–6]. Akan tetapi pada penelitian ini, polimer yang digunakan adalah PVA. Karakteristik PVA diantaranya pembentuk gel, derajat hidrolisis yang tinggi, biokompatibilitas yang tinggi dan daya tahan kimia yang baik [7], serta berifat *non toxic* sehingga cocok untuk aplikasi *drug delivery* [8]. Penggunaan PVA pada topik penelitian ini akan menghasilkan ferogel berbasis $Fe_{3-x}Zn_xO_4$ -PVA. Kajian lebih mendalam tentang sifat

mekanik ferogel $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ -PVA perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh *filler* $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ terhadap kepekaan medan magnet.

2. Metode Penelitian

Bahan dasar yang digunakan adalah pasir besi dari pantai Sine, Tulungagung, Jawa Timur dan kemudian diseparasi menggunakan magnet permanen guna memperoleh Fe_3O_4 dengan kemurnian yang tinggi. Pasir besi yang telah diseparasi dilarutkan dalam HCl (12M) selama 20 menit, kemudian disaring. Selanjutnya larutan hasil saringan dicampur dengan ZnCl_2 dan ditetesi NH_4OH (6,5 M) sedikit demi sedikit hingga 25 mL. Proses tersebut dilakukan dalam sonikator selama 1 jam hingga menghasilkan endapan berwarna hitam. Endapan dicuci berulang-ulang dengan akuades hingga pH 7. Kemudian endapan disaring dengan kertas saring.

Sintesis ferogel dilakukan dengan mencampurkan PVA dan air dengan perbandingan 23:100 pada suhu 70- 90 °C selama 30 menit. Selanjutnya dicampurkan dengan endapan Fe_3O_4 dan diaduk hingga homogen, kemudian dicetak dan dimasukkan dan dikeluarkan dalam lemari es secara berulang-ulang hingga terbentuk gel yang diinginkan. Karakterisasi dilakukan dengan pengujian magneto elastisitas dengan menggunakan magnet permanen.

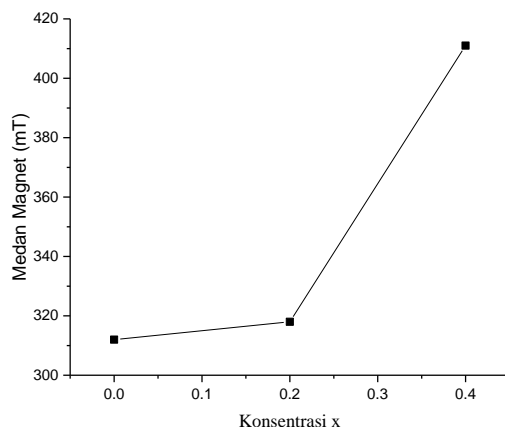
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengaruh doping Zn dan Konsentrasi Filler Terhadap Elastisitas Ferogel $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ -PVA

Elastisitas merupakan salah satu ciri khusus ferogel akibat kandungan hidrogel dari polimer yang bersifat elastis. Pengujian elastisitas dari ferogel menghasilkan data berupa besar pemuluran akibat pengaruh medan magnet luar. Pengukuran dilakukan dengan memvariasi konsentrasi doping dan variasi *filler* magnetik. Sebelum dilakukan karakterisasi pemuluran ferogel akibat pengaruh medan magnet luar, perlu dilakukan pengujian batas ambang medan magnet ferogel saat mulai menyimpang.

Tabel 1. Pengaruh Doping Zn terhadap Pemuluran Ferogel dengan Medan Magnet Maksimum 400 mT

Sampel	Pemuluran (cm)	Medan Magnet (mT)
x = 0	0,5	312
x = 0,2	0,3	318
x = 0,4	0,3	411

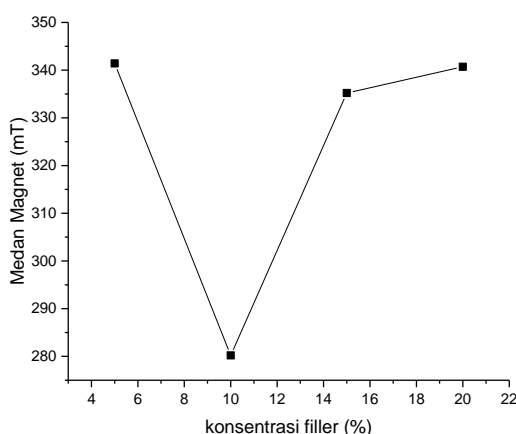


Gambar 1. Grafik Hubungan Konsentrasi Doping dengan Medan Magnet pada Pemuluran Ferogel

Terbukti pada Tabel 1 bertambahnya nilai x mengakibatkan pemuluran ferogel berkurang dan medan magnet yang dihasilkan semakin besar. Seperti halnya ditunjukkan pada Gambar 1. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin bertambahnya doping maka kepekaan terhadap medan magnet berkurang. Akan tetapi, besar pemuluran pada $x = 0,2$ dan $0,4$ bernilai sama. Hal ini dikarenakan partikel yang berukuran nano sehingga perubahan pemulurannya tidak terlihat jelas.

Tabel Pengaruh Konsentrasi *filler* Partikel nano $\text{Fe}_{3-x}\text{Zn}_x\text{O}_4$ dengan doping Zn $x = 0,2$

Konsentrasi Filler (%)	Pemuluran (cm)	Medan Magnet (mT)
5	2	341,4
10	5	280,2
15	2	335,2
20	2	340,7



Gambar 2. Hubungan Konsentrasi *Filler* dengan Medan Magnet pada Pemuluran Ferogel

Pada Tabel 2 menjelaskan tentang semakin bertambahnya *filler* diperoleh medan magnet ambang semakin kecil atau kuat tarik ferogel oleh medan magnet luar semakin kuat [7]. Dengan bertambahnya konsentrasi bahan magnetik maka respon magnetnya juga akan meningkat. Akan tetapi, nilai yang diperoleh dari penelitian masih belum sesuai

dengan teori. Hal ini bisa dikarenakan keadaan sampel yang kurang homogen. Dapat dilihat pada Grafik 2 bahwa pada konsentrasi 5%, 15% dan 20% besar pemulurannya sama, sedangkan pada konsentrasi 10% mempunyai pemuluran terbesar. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan *filler* magnetik mampu meningkatkan sensitivitas medan magnet [1]. Besar pemuluran berhubungan dengan medan magnet yang diperoleh. Keberadaan PVA dan partikel nano magnetik sangat berpengaruh terhadap pemuluran dan besar strain dari ferogel.

4. Kesimpulan

Pengaruh doping Zn terhadap pemuluran diperoleh bahwa bertambahnya nilai x mengakibatkan pemuluran ferogel berkurang dan besar medan magnet ambang meningkat, hal ini menunjukkan bahwa Zn mengurangi sifat kemagnetan dari ferogel jika konsentrasinya besar.

Daftar Rujukan

- [1] S. Sunaryono, A. Taufiq, N. Nurdin, and D. Darminto, "Kontribusi Filler Magnetik Fe_3O_4 pada Efek Histerisis Magneto-Elastisitas Komposit Ferogel," *J. Fis. Dan Apl.*, vol. 9, no. 1, pp. 37–41, 2013.
- [2] J. S. Gonzalez, C. E. Hoppe, D. Muraca, F. H. Sánchez, and V. A. Alvarez, "Synthesis and characterization of PVA ferrogels obtained through a one-pot freezing–thawing procedure," *Colloid Polym. Sci.*, vol. 289, no. 17–18, pp. 1839–1846, 2011.
- [3] N. N. Reddy, S. Ravindra, N. M. Reddy, V. Rajinikanth, K. M. Raju, and V. S. Vallabhapurapu, "Temperature responsive hydrogel magnetic nanocomposites for hyperthermia and metal extraction applications," *J. Magn. Mater.*, vol. 394, pp. 237–244, 2015.
- [4] L. Zhou, B. He, and F. Zhang, "Facile one-pot synthesis of iron oxide nanoparticles cross-linked magnetic poly (vinyl alcohol) gel beads for drug delivery," *ACS Appl. Mater. Interfaces*, vol. 4, no. 1, pp. 192–199, 2011.
- [5] T. Caykara, D. Yörük, and S. Demirci, "Preparation and characterization of poly (N-tert-butylacrylamide-co-acrylamide) ferrogel," *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 112, no. 2, pp. 800–804, 2009.
- [6] O. Moscoso-Londoño *et al.*, "Structural and magnetic behavior of ferrogels obtained by freezing thawing of polyvinyl alcohol/poly (acrylic acid)(PAA)-coated iron oxide nanoparticles," *Eur. Polym. J.*, vol. 49, no. 2, pp. 279–289, 2013.
- [7] S. Sunaryono, M. Munaji, and T. Triwikantoro, "Magneto-elasticity in hydrogels containing Fe_3O_4 nanoparticles and their potential applications," in *American Institute of Physics Conference Series*, 2013, vol. 1555, pp. 53–56.
- [8] J. S. Gonzalez *et al.*, "Simple and Efficient Procedure for the Synthesis of Ferrogels Based on Physically Cross-Linked PVA," *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 53, no. 1, pp. 214–221, 2013.