



Preparasi Nanopartikel Fe_3O_4 (*magnetit*) dari Pasir Besi Sebagai Bahan Pengisi Termoplastik HDPE (*High Density Polyethylene*)

Hepi Arman Gea dan Nurdin Bukit*

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Indonesia

Diterima September 2015; Disetujui Desember 2015; Dipublikasikan Februari 2016

Abstrak

Tujuan dalam penelitian ini membuat nanokomposit campuran HDPE dengan kompatibilizer PE-g-MA (2%) berat dan tanpa PE-g-MA dengan bahan pengisi Nanopartikel Fe_3O_4 (*magnetit*) yang telah berhasil dipreparasi dengan komposisi (2, 4, 6, 8) % berat. Metode pembuatan nanokomposit menggunakan internal mixer Laboplastomil dengan laju 60 rpm selama 10 menit pada suhu 150°C dengan masing-masing variasi % berat bahan pengisi. Kemudian dilakukan penekan panas (*hot press*) dan penekan dingin (*cold press*) untuk pemotongan dengan *dumbbell* pemotong standar JIS K 6781 dan kemudian dilakukan uji tarik. Dari hasil analisis diperoleh sifat mekanik dengan nilai terbaik untuk kekuatan tarik yaitu tanpa menggunakan PE-g-MA, sedangkan untuk perpanjangan putus diperoleh nilai terbaik pada komposisi nanokomposit dengan menggunakan PE-g-MA dan Modulus Young's dengan nilai terbaik tanpa menggunakan PE-g-MA.

Kata kunci : Nanopartikel Fe_3O_4 , termoplastik HDPE, sifat mekanik

How to Cite: Hepi Arman Gea dan Nurdin Bukit, (2016), Preparasi Nanopartikel Fe_3O_4 (*magnetit*) dari Pasir Besi Sebagai Bahan Pengisi Termoplastik HDPE (*High Density Polyethylene*), *Jurnal Einstein Prodi Fisika FMIPA Unimed*, 4 (1) : 1-6.

*Corresponding author:

E-mail : heppyarmangea@yahoo.co.id

p-ISSN : I2338 – 1981

e-ISSN : 2407 – 747x

PENDAHULUAN

Seiring dengan Perkembangan Ilmu pengetahuan dan teknologi beberapa tahun terakhir nanopartikel magnetit telah menjadi material menarik yang dikembangkan karena sifatnya yang terkenal dan sangat potensial dalam aplikasinya dalam berbagai bidang, seperti ferrofluids, katalis, pigmen warna, dan diagnosa medik. Bagaimanapun, beberapa sifat partikel nano magnetik ini bergantung pada ukurannya. Ketika ukuran suatu partikel nano magnetik di bawah 10 nm, akan bersifat super paramagnetik pada temperatur ruang, artinya bahwa energi termal dapat menghalangi anisotropi energi penghalang dari sebuah partikel nano tunggal dan itu yang sedang digeluti saat ini. Namun, lebih jauh lagi tidak hanya berhenti pada nanopartikel satu material saja, namun sudah pada tahap penggabungan antara dua atau lebih material dengan ukuran nano yang dikenal dengan sebutan nanokomposit.

Nanokomposit dapat dianggap sebagai struktur padat dengan dimensi berskala nanometer yang berulang pada jarak antar-bentuk penyusun struktur yang berbeda. Material-material dengan jenis seperti itu terdiri atas padatan inorganik yang tersusun atas komponen organik. Selain itu, material nanokomposit dapat pula terdiri atas dua atau lebih molekul inorganik/organik dalam beberapa bentuk kombinasi dengan pembatas antar keduanya minimal satu molekul atau memiliki ciri berukuran nano (Abdullah, 2005).

Ikatan antar partikel yang terjadi pada material nanokomposit memainkan peranan penting pada peningkatan dan pembatasan sifat material. Partikel-partikel yang berukuran nano tersebut memiliki luas permukaan interaksi yang tinggi. Semakin banyak partikel yang berinteraksi, semakin kuat pula material. Inilah yang membuat ikatan antar partikel semakin kuat sehingga sifat mekanik material bertambah. Namun, penambahan partikel-partikel nano tidak selamanya akan meningkatkan sifat mekaniknya. Ada batas tertentu dimana saat dilakukan penambahan, kekuatan material justru semakin berkurang (Hadiyawarman, 2008).

Fe_3O_4 (*magnetit*) merupakan salah satu fase dari oksida besi yang bersifat amfoter dan memiliki daya serap yang tinggi (Abdillah, 2013). Fe_3O_4 ($\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$), berwarna hitam dengan struktur berbentuk inverse spinel dan mengandung ion Fe^{2+} dan Fe^{3+} . Disamping

keberadaan pasir besi yang tidak terlalu susah untuk didapatkan, pasir besi juga memiliki karakter dan komposisi tersendiri sehingga bisa diperoleh dengan melakukan sintesa. Secara umum pasir besi mempunyai komposisi utama besi oksida, silikon oksida, serta senyawa-senyawa lain dengan kadar yang lebih rendah.

Nanopartikel magnetit (Fe_3O_4) untuk beberapa tahun terakhir telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi, diantaranya sebagai penyimpan informasi dengan densitas yang tinggi, pembentukan gambar dengan resonansi magnetik (MRI), sistem pengiriman untuk obat-obatan, kosmetik, pewarna, sebagai pelapis (*coating*) untuk mencegah korosi, proses adsorpsi dan sebagai *filler* untuk berbagai aplikasi nanokomposit (Moreno, R.Ruiz, (2010) .

Kompatibilizer Maleic anhydrate grafted polietilen (PE-g-MA) adalah bahan yang secara umum digunakan sebagai bahan untuk menstabilkan terjadinya ikatan antar molekul-molekul dalam material. Agar pembentukan emulsi (campuran) stabil diperlukan *stabilizer* yang disebut surfaktan (*surface active agent*) yang merupakan senyawa organik yang bersifat *amphiphilic*, artinya mempunyai dua gugus, yang bersifat *hydrophobic* atau tak suka air dan yang satunya bersifat *hydrophilic* atau suka air.

Maleic Anhydrate (MA) adalah senyawa *vinyl* tidak jenuh yang merupakan bahan mentah dalam sintesis resin poliester, pelapisan permukaan karet, deterjen, bahan aditif, minyak pelumas, *plasticizer* dan kopolimer. MA mempunyai sifat kimia yang khas yaitu adanya ikatan etilenik dengan gugus karboksil didalamnya dan ikatan ini berperan dalam reaksi adisi. MA mempunyai berat molekul 98,06, larut dalam air, meleleh pada temperatur 57,60 °C dan mendidih pada suhu 202 °C (Sarikanat, M., et al (2011)

.Sedangkan untuk aplikasi penggunaan nanopartikel dalam proses pembuatan nanokomposit telah banyak penelitian akhir-akhir ini menggunakan termoplastik HDPE sebagai matrik dan nanopartikel sebagai pengisi (*filler*) antara lain TiO_2 /HDPE (Tuan Vu Manh, (2014), CaCO_3 /HDPE (Saeedi dan Sharahi, 2011); Zebarzad, tetapi untuk penggunaan nanopartikel Fe_3O_4 sebagai bahan pengisi (*filler*) termoplastik HDPE menjadi bidang yang masih hangat untuk dilakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik dan sifat

nanokompositnya (Khandanlou, Roshanak, Ahmad, M.B., (2013). Sehingga untuk penelitian kali ini yaitu dengan menggunakan nanopartikel Fe₃O₄ sebagai pengisi termoplastik HDPE dengan menggunakan dan yang tanpa menggunakan kompatibilizer PE-g-MA.

METODE

Bahan

Nanopartikel Fe₃O₄ hasil preparasi dengan ukuran 20.63 nm, Termoplastik HDPE diproduksi PT Titan Petrokimia Nusantara, Aquades Produksi PT Sibayakindo, PE-g-MA Produksi Sigma Aldrich USA, HCl dengan Molaritas 37%, PEG 6000, Natrium Hidroksida (NH₄OH) molaritas 25 %.

Alat

Mortal dan Alu, Ayakan 200 mesh, Magnetic stirrer MSN, Kertas saring, Gelas beaker, Gelas ukur, Pipet, Timbangan digital, Magnet permanen, Tissue, Vacuum Cleaner, Oven, X Ray Diffractometry (XRD) type Philips PW 1710, Internal mixer model 30 R150, Mechanical testing tensilo 5T, Dumbbell pemotong standard JIS K 6781.

Preparasi Nanopartikel Fe₃O₄ dengan Metode Kopresitasi

Pasir besi hasil pengayakan ditimbang 10 gram dan dimasukan dengan gelas beaker untuk dicampur dengan HCl 37% sebanyak 40 ml. Campuran diaduk pada suhu 70° C selama 40 menit di dalam *magnetic stirrer*. Setelah proses pengadukan selesai, dilakukan penyaringan dengan kertas saring (larutan yang lolos dari penyaringan yang digunakan). PEG-6000 yang sudah dilelehkan selama kurang lebih 15 menit pada suhu 50° C ditambahkan ke dalam hasil larutan FeCl₃ tadi dengan variasi perbandingan volume 1:5. Pencampuran larutan dan PEG-6000 dilakukan dengan cara pengadukan dengan menggunakan pengaduk magnetik (*magnetic stirrer*), pada suhu 70° C selama 40 menit. Kemudian NH₄OH 25% ditambahkan sebanyak 40 ml dalam campuran FeCl₃ yang telah bercampur dengan PEG 6000 sambil di aduk dan dipanaskan dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 40 menit pada suhu 700° C. Hasil endapan Fe₃O₄ yang terbentuk (berwarna hitam pekat) dipisahkan dari larutannya dengan mencuci berulang-ulang menggunakan aquades sampai bersih dari pengotornya kemudian di saring. Untuk mendapatkan serbuk partikel nano Fe₃O₄, endapan dikeringkan dalam oven pada suhu

sekitar 70° C selama 4 jam setelah itu *diballmil*/digerus selama 6 jam dan kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan XRD.

Preparasi Nanopartikel Fe₃O₄ sebagai Pengisi (*filler*) HDPE

Pembuatan Nanokomposit dilakukan dengan mencampurkan termoplastik HDPE dengan Nanopartikel Magnetit yang telah dipreparasi melalui metode kopresitasi dengan ukuran kristal (20,63 nm). Adapun pencampuran ini dengan menggunakan internal mixer dengan komposisi dan perbandingan persen berat tertentu. Dalam membuatnya diperlukan PE-g-MA sebagai perekat nanokomposit yang akan dibuat, dan di bentuk dalam cetakan. Pembuatan nanokomposit dalam internal mixer laboplastomil dengan volume chamber 60 CC, dengan komposisi seperti pada table 1 :

Tabel 1. Komposisi campuran Bahan nanokomposit dalam internal mixer dengan menggunakan bahan kompatibilizer

Sampel (A)	HDPE	Nano Fe ₃ O ₄	P
S1 A	38.4 gram	0.8 gram	0
S2 A	37.6 gram	1.6 gram	0
S3 A	36.8 gram	2.4 gram	0
S4 A	36 gram	3.2 gram	0

Selain itu, untuk mengetahui pengaruh kekuatan tarik nanokomposit terhadap penambahan kompatibilizer PE-g-MA maka, dilakukan dengan pengujian sampel tanpa penambahan kompatibilizer PE-g-MA. Dengan komposisi variasi % berat Nanopartikel pengisi seperti tabel 2:

Tabel 2. Komposisi campuran Bahan nanokomposit dalam internal mixer tanpa menggunakan bahan kompatibilizer :

Sampel (B)	HDPE	Nanopartikel Fe ₃ O ₄
S1 B	39.2 gram	0.8 gram
S2 B	38.4 gram	1.6 gram
S3 B	37.6 gram	2.4 gram
S4 B	36.8 gram	3.2 Gram

Pencampuran komposit dilakukan didalam *Internal Mixer Technical Cooperation by the Government of Japan* jenis Labo Plastomill model 30R150 volume chamber 60 cc dengan mencampurkan bahan yang sesuai dengan tabel 3.3 dengan

persentase pengisian 70% atau setara dengan 50 gram. Mula-mula HDPE dimasukkan kedalam *internal mixer*. Dari *internal mixer* dihasilkan sampel berupa biji-biji komposit. Hasil sampel dari *internal mixer* dimasukkan kedalam alat cetakan yang berbentuk empat persegi dengan dengan ketebalan plat 1 mm dengan, panjang 11 cm, lebar 11cm. Selanjutnya dilakukan pencetakan dengan cetak tekan panas (*hot press*) Gonno Ramdia 152 mm Ramstroke 150 mm yang dilakukan selama 10 menit yang terdiri dari waktu pemanasan cetakan 3 menit waktu pemanasan bahan 3 menit dan waktu tekan 4 menit dengan 50 kgf/cm² dengan suhu pencetakan 150°C, dilanjutkan dengan tekanan dingin selama 4 menit dengan 50 kgf/cm² pada suhu 22°C. Hasil sampel Tekan Panas (*Hot Press*) dan Alat Tekan Dingin (*Cold Press*) berupa lembaran yang selanjutnya di dumbell dengan standart JIS K 6781 untuk dilakukan uji tarik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Preparasi Nanopartikel Fe₃O₄

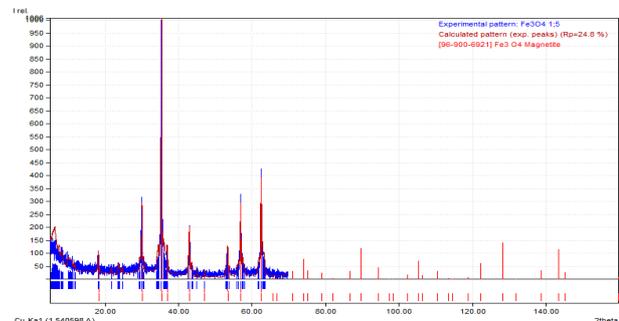
Nanopartikel Fe₃O₄ (*magnetit*) berhasil dipreparasi dari pasir besi dengan menggunakan metode kopresitasi dan Polietilen Glikol (PEG) 6000 dengan perbandingan 1:5 sebagai *template* nanopartikel agar tidak terjadi penggumpalan. Sebelum penambahan PEG 6000 terlebih dahulu dilelehkan pada suhu 70° C. Penambahannya dilakukan sebelum sebelum penambahan menggunakan larutan basa NH₄OH, dan proses pengadukan digunakan *magnetic stirrer*, sehingga menghasilkan endapan yang kemudian dikeringkan dan digerus (*ball mill*) selama 6 jam dengan hasil seperti gambar 1 :



Gambar 1. Serbuk Nanopartikel Fe₃O₄ (*Magnetit*) dengan PEG 6000 1:5

Hasil Karakterisasi XRD (X-Ray Diffractometry) Nanopartikel Fe₃O₄

Nanopartikel yang dipergunakan adalah hasil sintesis dengan menggunakan PEG 6000 berbanding 1:5. XRD yang dipergunakan adalah Phillips tipe PW1710 dengan panjang gelombang K_α λ Cu = 1,54060 Å = 0,15406 nm seperti tampilan pola difraksi pada gambar 2 :



Gambar 2. Pola difraksi XRD Nanopartikel Fe₃O₄

Sesuai gambar hamburan difraksi nanopartikel magnetit dapat diidentifikasi dan diperoleh hamburan puncak dari sampel nanopartikel pada tabel 3 :

Tabel 3. Identifikasi Puncak Sampel Nanopartikel Fe₃O₄

No	Peak no.	2θ (deg)	d (Å)	I/I	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Intensity (Counts)
1.	4	35,47	2,528	10	0,323	496	9152
		55	39	0	40		
2.	13	62,65	1,481	41	0,355	202	3387
		25	60	00			
3.	10	57,04	1,613	27	0,360	134	2834
		00	31	00			

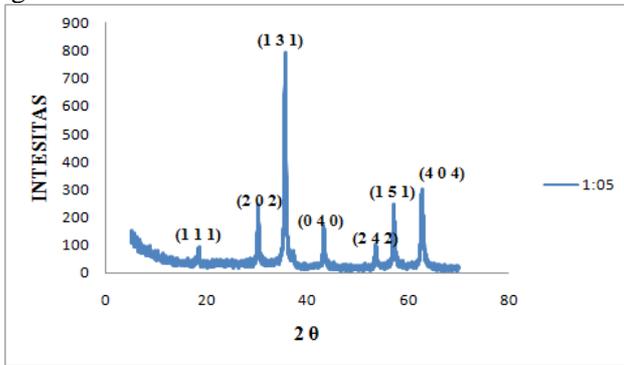
Nanopartikel magnetit Fe₃O₄ diperoleh dengan metode kopresitasi menggunakan PEG 6000 sebagai pembungkus partikel agar tidak terjadi penggumpalan. Dalam hasil karakterisasinya nanopartikel mendapatkan *peak* tertinggi pada 2θ= 35,4755 . Sehingga dengan menggunakan persamaan debye-Scherrer (1) :

$$D = \frac{0,9 \cdot \lambda}{B \cdot \cos \theta}$$

(1)

Maka dihasilkan kisi (d) Kristal magnetite (Fe₃O₄) berturut-turut sebesar d₁= 23,41 nm, d₂= 19,118 nm, dan d₃= 19,391 nm dengan d rata-rata = 20,63 nm. Sedangkan untuk dhkl untuk masing-masing puncak (*peak*) tertinggi dapat dihasilkan langsung berdasarkan analisis dengan dhkl (131), dhkl, (404) dan 202). Sedangkan untuk kemurnian

fasa magnetit didalam senyawanya adalah mencapai 53.20 % berat melampaui hasil penelitian sebelumnya dalam (Acosta V., 1973) menghasilkan kemurnian fasa terbesar 23%. Sedangkan pola difraksi nanopartikel yang digunakan ditampilkan seperti pada gambar 3 dibawah.



Gambar 3. Pola difraksi Nanopartikel Fe₃O₄ yang digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*)

Dari pengolahan data dengan menggunakan aplikasi Match untuk mencari dhkl dan sistem kristal nanopartikel. Dari hasil pengolahan dihasilkan bahwa nanopartikel dengan sistem Kristal *kubic* dan masing-masing dhkl untuk setiap peak tertinggi. Sistem kristal adalah cara untuk mengklasifikasikan bentuk kristal berdasarkan geometri sel unit yaitu berdasarkan letak atom dalam sumbu xyz. Geometri sel unit didefinisikan sebagai analisis terhadap 6 parameter yaitu : panjang tepi a,b,c dan tiga sudut interaksial α, β, γ . Untuk sistem kristal *cubic* dimana sudut $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$.

Sedangkan untuk hasil nanopartikel magnetit diperoleh a = b = c= 8.3940 Å.

Hasil Uji Tarik HDPE dengan Fe₃O₄ menggunakan PE-g-MA

Berdasarkan hasil Uji tarik dengan menggunakan mesin uji mekanik testing diperoleh data kekuatan tarik, perpanjangan putus dan modulus Young's Seperti diperlihatkan pada tabel 4 berikut :

Tabel 4. Data Hasil Uji Tarik HDPE/Nanopartikel Magnetit/PE-g-MA

HDPE/Nanopartikel Fe ₃ O ₄ /PE-g-MA	Kekuatan Tarik (MPa)	Perpanjangan Putus (mm)	Modulus Young's (MPa)
2% (S1A)	20.636	16.963	602.54
4% (S2A)	21.687	11.923	598.37

6% (S3A)	21.178	10.383	593.05
8% (S4A)	20.752	11.403	634.58

Hasil Uji Tarik HDPE dengan Fe₃O₄ tanpa menggunakan PE-g-MA

Dari hasil uji tarik menggunakan mekanik tensilo testing universal maka data untuk kekuatan tarik, perpanjangan putus dan Modulus Youngs HDPE/Nano Fe₃O₄ diperoleh seperti pada tabel 5 :

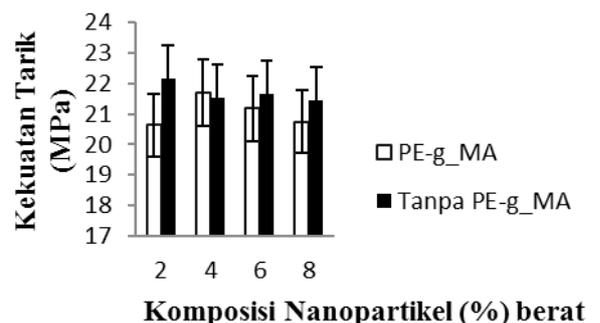
Tabel 5. Data Hasil Uji Tarik HDPE/Nanopartikel Fe₃O₄ tanpa PE-g-MA

HDPE/Nanopartikel Fe ₃ O ₄	Kekuatan Tarik (MPa)	Perpanjangan Putus (mm)	Modulus Young's (MPa)
2% (S1B)	22.145	9.9627	612.31
4% (S2B)	21.524	9.6987	625.45
6% (S3B)	21.667	9.8507	643.20
8% (S4B)	21.444	9.2467	623.65

Hubungan Sifat Mekanik dengan Komposisi Nanopartikel

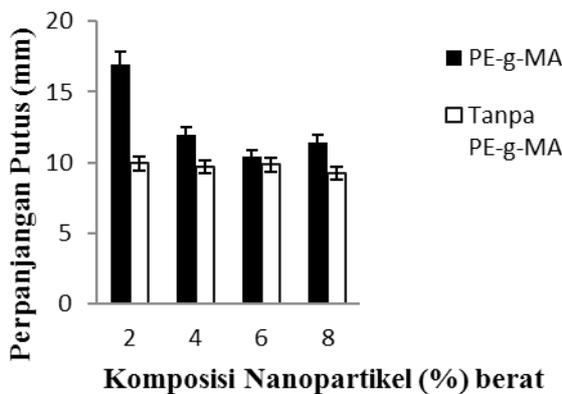
Hubungan masing-masing sifat mekanik dengan variasi komposisi bahan pengisi yang meliputi kekuatan tarik, perpanjangan putus dan Modulus Young's, dapat ditampilkan seperti pada grafik berikut.

- Hubungan kekuatan tarik dengan Komposisi pengisi



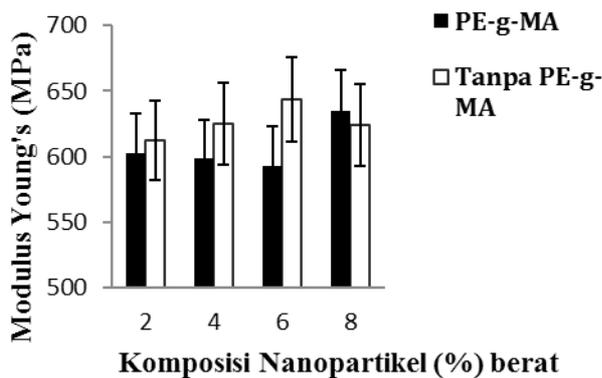
Gambar 4. Hubungan kekuatan Tarik dengan Komposisi % berat Bahan Pengisi Nanopartikel Magnetit

- Hubungan Perpanjangan putus dengan Komposisi pengisi



Gambar 5. Hubungan Perpanjangan Putus dengan Komposisi % berat Bahan Pengisi Nanopartikel Magnetit

- Hubungan Komposisi Bahan Pengisi (*filler*) dengan Modulus Young's



Gambar 6. Hubungan Modulus Young's dengan Komposisi (%) berat Bahan Pengisi Nanopartikel magnetit

Nilai optimum kekuatan tarik antara yang menggunakan PE-g-MA dan yang tanpa PE-g-MA adalah dengan komposisi pengisi (2%) berat. Hal ini menunjukkan bahwa pada

komposisi ini nanokomposit memiliki kekuatan tarik terbaik. Sedangkan untuk perpanjangan putus dimana nilai optimum pada komposisi pengisi (2%) berat dan menggunakan PE-g-MA.

Sedangkan untuk modulus Youngs optimum adalah pada komposisi pengisi (6%) berat tanpa menggunakan PE-g-MA. Dari hasil diatas menunjukkan bahwa komposisi nanopartikel sebagai bahan pengisi adalah pada (2%) berat, tetapi untuk nilai Modulus Young's komposisi pengisi (8%) berat yang memiliki nilai yang lebih bagus. Data ini menunjukkan kurangnya ikatan atom antar partikel *filler* untuk nanokomposit dan tidak adanya penyebaran partikel secara merata. Perbedaan fasa kristal antara bahan pengisi (*filler*) dengan *matrix composit* juga mempengaruhi kekuatan tarik yang kurang baik. Sehingga data uji tarik nanokomposit HDPE/ Fe_3O_4 yang baik bisa dikembangkan dari sisi nilai elastisitasnya (*Modulus Youngs*) untuk dilanjutkannya.

Berdasarkan data penelitian sebelumnya yang menggunakan Nanopartikel abu sekam padi (Ginting, M. E., 2015), dihasilkan kekuatan tarik terbaik tanpa menggunakan kompatibilizer PE-g-MA pada komposisi 10% berat bahan pengisi. Begitu juga untuk perpanjangan putus terbaik yakni tanpa menggunakan PE-g-MA, sedangkan untuk modulus young dengan nilai terbaik dengan menggunakan kompatibilizer PE-g-MA. Hal ini menunjukkan bahwa ikatan antar atom yang terjadi pada setiap nanopartikel yang digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*) dengan termoplastik HDPE berbeda-beda. Dimana ada yang terjadi ikatan kuat dan ada ikatan yang lemah. Sedangkan untuk hasil kekuatan tarik dengan menggunakan bahan pengisi nanopartikel bentonit sebagai bahan pengisi termoplastik HDPE (Bukit, N., 2013) pada komposisi 2% berat menghasilkan kekuatan tarik sebesar 25.377 MPa.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa, Nanopartikel Fe_3O_4 (*magnetit*) yang digunakan memiliki ukuran kisi kristal 20,63 nm dengan kisi 331 dan sistem kristal *cubik*. Hasil Uji tarik nanokomposit menghasilkan Nilai Optimum Kekuatan Tarik adalah pada komposisi pengisi (2%) berat tanpa PE-g-MA sebesar 22,145 MPa, Sedangkan Perpanjangan Putus adalah pada

sampel dengan komposisi pengisi (2%) berat menggunakan kompatibilizer PE-g-MA sebesar 16,963m m, dan Modulus Young's pada sampel dengan komposisi pengisi 6% berat tanpa menggunakan PE-g-MA sebesar 643,20 MPa. Penggunaan PE-g-MA sebagai *kompatibilizer* kurang memberikan pengaruh terhadap kekuatan tarik dan Modulus Young, tetapi hanya untuk perpanjangan putus Nanokomposit HDPE/Fe₃O₄. Sedangkan pengaruh komposisi bahan pengisi dihasilkan nilai terbaik pada komposisi (2%) berat untuk kuat tarik dan perpanjangan putus, tetapi untuk Modulus Young's dengan nilai terbaik pada komposisi pengisi (6%) berat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, G., (2013), Sintesis Karakterisasi dan Uji Stabilitas Fe₃O₄) Asam Karbonat, Skripsi, Fakultas sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Yogyakarta
- Abdullah. M., Lenggoro I. W., Xia Bi, and Okuyama. K., (2005b), Novel Processing for Softly Agglomerated Luminescent Y2O3:Eu+ Nanoparticles Using Polymeric Precursor; *Journal of the Ceramic Society of Japan*; vol.113 No. 1, pp. 97-100.
- Acosta, Virgilio, C., Clide, Graham, B. J., 1973, *Essential of Modern Physic*, Harper and Row Publisher, New York
- Bukit, N., Frida, E, and Harahap.M.H, (2013). Preparation Natural Bentonite In Nano Particle Material As Filler Nanocomposite High Density Poliethylene (HDPE) *Journal of Chemistry and Material Research*.3.13, 10-20
- Ginting, E., M., (2015). Mechanical properties and morphology af nanocomposite Nano rice husk as a filler material HDPE Thermoplastic with compatibiizer PE-g-MA and without PE-g-MA. *Chemistry and material research Depaterment of Physic*.Vol.7 No.8. 2015. ISSN 2224-3224
- Hadiyawarman, Agus Rijal, Bebeh W. Nuryadin, Mikrajuddin. Abdullah, dan Khairurrijal. (2008). Fabrikasi Material Nanokomposit Superkuat, Ringan dan Transparan Menggunakan Metode Simple Mixing. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*. Vol. 1 No.1.
- Khandanlou, Roshanak, Ahmad, M.B., (2013), Synthesis and Characterization of Rice Straw/Fe3O4 Nanocomposites by a Quick Precipitation Method, *Molecules* 2013, 18, 6597-6607; doi:10.3390/ molecules18066597, ISSN 1420-3049
- Moreno, R.Ruiz, (2010), *study of superparamagnetic nanocomposites of high density polyethylene and maghemite, advanced applications of electrical engineering*, ISBN: 978-960-474-072-7
- Sarikanat, M., et al (2011), Preparation and mechanical properties of graphite filled HDPE nanocomposites, *international scientific journal, volume 50 issue 2, Ege University Turkey*
- Tuan,Vu Manh, (2014), Using Rutile TiO₂ Nanoparticles Reinforcing High Density Polyethylene Resin, Hindawi Publishing Corporation International Journal of Polymer Science Vol. 2014, Article ID 758351
- Zhang, Xiao, Jiang, B.,Du, Feng (2014), one-pot hydrothermal synthesis of Fe₃O₄/reduced grapheme oxide nanocomposite for enchanced lithium storage, *Indian Journal of chemistry* Vol.53A, March 2014,pp.265-273