



PENGARUH CAMPURAN NANOPARTIKEL ABU TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (ATKKS) DAN PEG-6000 TERHADAP TERMOPLASTIK LDPE

Eva Marlina Ginting, Nurdin Bukit dan Jordan Siringo Ringo

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

michaelringo99@gmail.com

Diterima: Desember 2021. Disetujui: Januari 2022. Dipublikasikan: Februari 2022

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ATKKS dan PEG-6000 sebagai bahan pengisi termoplastik LDPE terhadap kekuatan mekanik nanokomposit termoplastik LDPE. Dalam penelitian ini proses pengolahan ATKKS dan PEG-600 menjadi nanokomposit menggunakan metode kopresipitasi, ATKKS dikeringkan dalam furnace dengan suhu 2000C selama 1 jam, kemudian di Ball-Mill selama 1 jam dengan kecepatan putaran 250 rpm, kemudian diayak menggunakan ayakan 200 mesh. Dilakukan proses sintesis nanopartikel ATKKS dan PEG-6000 dengan metode Kopresipitasi dengan perbandingan antara ATKKS dan PEG-6000 yaitu (20:60) gram, (20:80) gram, dan (20:100) gram atau 1:3, 1:4, dan 1:5 kemudian dikarakterisasi dengan XRD untuk mengetahui ukuran kristal. Sampel dengan ukuran kristal terkecil kemudian digunakan menjadi bahan pengisi termoplastik LDPE dengan variasi (50/0, 49/1, 48/2, 47/3, 46/4) gram. Setiap variasi dimasukkan kedalam intrenal mixer agar pencampuran lebih homogen dengan kecepatan 60 rpm pada suhu 1500C selama 10 menit, kemudian dicetak menggunakan metode cetak tekan panas selanjutnya sampel diuji sifat mekaniknya. Dari hasil penelitian ini diperoleh hasil analisis XRD dimana ukuran diameter kristal terkecil pada variasi 1:3 sebesar 16,31 nm dan kandungan senyawa yang dominan dari hasil sintesis nanopartikel ATKKS dan PEG-6000 adalah SiO₂. Sedangkan dari hasil uji mekanik diperoleh nilai kekuatan tarik tertinggi pada variasi (48/2) gram sebesar 18,9 MPa, nilai perpanjangan putus tertinggi pada variasi (50/0) gram sebesar 255 mm dan nilai modulus elastis tertinggi pada variasi (47/2) gram sebesar 236 MPa.

Kata Kunci: ATKKS, PEG-6000, Kopresipitasi, Nanokomposit, XRD, Uji mekanik

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of ATKKS and PEG-6000 as LDPE thermoplastic fillers on the mechanical strength of LDPE thermoplastic nanocomposites. In this study, the processing of ATKKS and PEG-600 into nanocomposites used the coprecipitation method, ATKKS was dried in a furnace at a temperature of 2000C for 1 hour, then in a Ball-Mill for 1 hour with a rotation speed of 250 rpm, then sieved using a 200 mesh sieve. Synthesis of ATKKS and PEG-6000 nanoparticles was carried out using the Coprecipitation method with a ratio between ATKKS and PEG-6000, namely (20:60) grams, (20:80) grams, and (20:100) grams or 1:3, 1:4, and 1:5 were then characterized by XRD to determine the crystal size. The sample with the smallest crystal size was then used as filler for LDPE thermoplastic with variations of (50/0, 49/1, 48/2, 47/3, 46/4) grams. Each variation was

inserted into the internal mixer so that the mixing was more homogeneous at a speed of 60 rpm at a temperature of 150°C for 10 minutes, then printed using a hot press printing method, then the samples were tested for mechanical properties. From the results of this study, the results of XRD analysis were obtained where the smallest crystal diameter at a variation of 1:3 was 16.31 nm and the dominant compound content from the synthesis of ATKKS and PEG-6000 nanoparticles was SiO₂. Meanwhile, from the results of the mechanical test, the highest tensile strength value was found in the variation (48/2) gram of 18.9 MPa, the highest elongation at break at variation (50/0) gram was 255 mm and the highest value of elastic modulus was at variation (47/2) grams of 236 MPa.

Keywords: ATKKS, PEG-6000, Coprecipitation, Nanocomposite, XRD, Mechanical test

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara penghasil sawit terbesar di dunia, dimana laju pertumbuhan areal perkebunan kelapa sawit terus meningkat yang ditandai dengan kenaikan produksi Crude Palm Oil (CPO). Hal ini menimbulkan dampak terhadap limbah dari produksi tersebut. Dalam proses pengolahan tandan buah segar (TBS) menjadi minyak kelapa sawit akan dihasilkan sisa produksi berupa limbah padat dan cair. Limbah pabrik kelapa sawit sangat melimpah. Saat ini diperkirakan jumlah limbah pabrik kelapa sawit (PKS) di Indonesia mencapai 28,7 juta ton limbah cair/tahun dan 15,2 juta ton limbah padat/tahun (Anwar, K. dan Mawardi, 2012). Limbah padat yang dihasilkan oleh pabrik pengolahan kelapa sawit antara lain tandan kosong, serat dan tempurung. Limbah tandan kosong kadang-kadang mengandung buah tidak lepas diantara celah-celah ulir dibagian dalam. Setelah dilakukan proses pengolahan kelapa sawit, akhirnya menyisakan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) berkisar 20-23% dari jumlah panen 1 ton Tandan Buah Segar (TBS). (Wardani, 2015).

Tandan kosong kelapa sawit merupakan limbah berlignoselulosa yang belum dimanfaatkan secara optimal. Selama ini pemanfaatan tandan kosong hanya sebagai bahan bakar boiler, kompos dan juga sebagai pengeras jalan di perkebunan kelapa sawit (Fuadi dan Pranoto, 2016). Tandan kosong sawit juga menghasilkan serat kuat sebagai bahan pengisi dalam produk serat berkarat,

diantaranya jok mobil, matras dan papan komposit (Aulia, dkk., 2013).

Selain ATKKS masih ada *filler* lain yang sering digunakan antara lain PEG-6000, arang tempurung kelapa, *carbon black*, silikon dioksida, aluminium silikat, kalsium karbonat dan magnesium silikat. Bahan ini mampu menambah kekerasan, ketahanan sobek, ketahanan kikisan, serta tegangan putus yang tinggi pada barang yang dihasilkan. Dalam hal ini peneliti ingin menggunakan ATKKS dan PEG-6000.

PEG 6000 memiliki sifat yang stabil, mudah bercampur dengan komponen lain, tidak bercampur dan tidak iritatif. 6000 menyatakan berat molekul dengan meningkatnya berat molekul dari PEG ini dapat meningkatkan tingkat kelarutannya dalam air. Dimana daya hambat terhadap pembentukan kristal stabil lebih tinggi, higroskopisnya yang lebih baik, suhu beku, berat jenis, suhu nyala, kekentalan dan tekanan uap juga lebih baik. Dalam hal ini PEG berfungsi sebagai *template*, dan juga pembungkus partikel sehingga tidak terbentuk agregat, hal ini dikarenakan PEG terjebak pada permukaan partikel dan menutupi ion positif partikel, dan pada akhirnya akan diperoleh hasil partikel dengan bentuk bulatan yang seragam sehingga tidak terjadi penggumpalan (Wahyuni, dkk. 2014).

Nanoteknologi merupakan salah satu bidang yang paling populer untuk penelitian saat ini karena partikel yang memiliki ukuran nano biasanya memiliki bahan kimia atau sifat fisik yang lebih unggul dari material berukuran

besar (bulk) (Bukit dkk, 2015). Semakin kecil ukuran nano partikel, maka sifat kimia dan fisiknya lebih unggul dari material berukuran besar, juga nilai guna rekayasa material komposit yang tercipta juga semakin tinggi. Nanopartikel adalah partikel mikroskopis dengan ukuran 1-100 nm. Penelitian di bidang nanopartikel menghasilkan sifat material yang unik yaitu material dengan skala nano memiliki sifat yang berbeda dari material asalnya (Abdullah, M., 2008).

Nanopartikel didapatkan dengan menggunakan beberapa metode diantaranya metode sintesis (mencampur bahan). Proses sintesis nanopartikel terdiri dari beberapa metode antara lain metode kopresipitasi, mikroemulsi, dan menggunakan cetakan. Metode yang akan digunakan oleh peneliti adalah metode kopresipitasi karena biaya yang relatif lebih murah dan melalui proses yang lebih sederhana didasarkan pada pengendapan lebih dari satu substansi secara bersamaan ketika melewati titik jenuhnya pada penggunaan suhu rendah (70o C) dan ukuran partikel dapat dikontrol dengan mudah sehingga waktu yang dibutuhkan relatif singkat. Adapun zat-zat yang digunakan sebagai zat pengendap dalam kopresipitasi adalah hidroksida, karbonat, sulfat dan oksalat (Fernandez dkk, 2011).

Berdasarkan penjelasan diatas, peneliti akan melakukan penelitian pembuatan nanopartikel ATKKS menggunakan bahan tambahan PEG 6000 . Maka judul penelitian ini adalah Pengaruh Campuran Nanopartikel Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (ATKKS) Dan PEG-6000 Terhadap Termoplastik LDPE.

METODE PENELITIAN

1. Proses Sintesis Nanopartikel ATKKS dengan PEG-6000 Menggunakan Metode Kopresipitasi

Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (ATKKS) digiling dengan menggunakan alat penggiling *ballmill* selama 1 jam kemudian diayak dengan ukuran 200 mesh. Setelah diayak, Nanopartikel ATKKS kemudian ditimbang sebanyak 20 gr dan dilarutkan

dengan HCl 2M sebanyak 40 ml. Sebelum penambahan PEG-6000 terlebih dahulu dilelehkan pada suhu 70° C selama 15 menit hingga mencair seluruhnya, kemudian penambahan PEG-6000 dilakukan dengan perbandingan volume larutan sebesar 1:3, 1:4, 1:5. Penambahan PEG-6000 dilakukan sebelum penambahan larutan NaOH sehingga proses pengendapan nanopartikel ATKKS terjadi dalam pengaruh penambahan PEG-6000, pengadukan dilakukan menggunakan magnetic stirrer selama 40 menit pada suhu 70° C. Hasil larutan disaring kemudian dicuci menggunakan aquades sebanyak kurang lebih tiga kali. Kemudian hasil endapan dikeringkan dalam oven selama 4 jam pada suhu 70° C setelah kering kemudian dikarakterisasi dengan XRD (*X-Ray Diffraction*) dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*).

2. Peroses Pembuatan Nanokomposit Termoplastik LDPE dengan Filler ATKKS dan PEG-6000

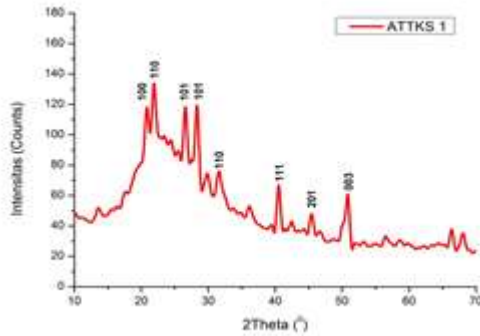
Tahap pertama termoplastik LDPE dan Filler ditimbang dengan variasi komposisi (0:50, 1:49, 2:48, 3:47, 4:46) gr . Kemudian dicampur secara merata (homogen) menggunakan internal mixer selama 10 menit dengan suhu 1800 C dengan urutan waktu proses pemasukan bahan kedalam internal mixer. Bahan yang telah dicampur dimasukkan kedalam cetakan yang berbentuk persegi dengan ketebalan 0,1 cm, panjang 11 cm, dan lebar 11 cm. Sebelum sampel dicetak, bahan ditimbang terlebih dahulu dengan neraca (sesuai volume plat cetakan 12,1 cm³). Kemudian dilakukan pencetakan dengan cetak tekan panas yang dilakukan selama 15 menit yang terdiri dari waktu pemanasan cetakan 5 menit, waktu pemanasan bahan 5 menit dan waktu tekan 5 menit dengan tekanan 37 ton dengan suhu pencetakan 15000 C, kemudian dilanjutkan dengan tekanan dingin selama 5 menit dengan tekanan yang sama sebesar 37 ton lalu sampel dalam bentuk lembaran dikeluarkan dari cetakan. Hasil cetakan dalam bentuk lembaran, kemudian dibuat sampel uji dengan menggunakan mesin potong sampel dumb bell, Tahap selanjutnya karakterisasi dengan

melakukan pengujian secara mekanik meliputi uji kekuatan tarik, perpanjangan putus dan modulus elastisitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD)

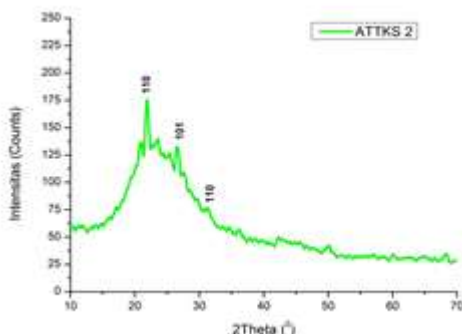
Data yang diperoleh dari sampel 1 (1:3)



Gambar 1. Pola Hasil XRD ATKKS dengan PEG-6000 (1:3)

Pada gambar diatas dapat dilihat adanya puncak tertinggi yaitu pada $2\theta = 22,60^\circ$ dengan jarak $3,9312 \text{ \AA}$. Hasil pola difraksi sinar-X ATKKS dengan PEG-6000 (1:3) memiliki fasa kristobalit (SiO_2) dengan parameter kisi $a \neq b \neq c$ dengan nilai $a = 9,9320 \text{ \AA}$; $b = 17,2160 \text{ \AA}$; $c = 81,8640 \text{ \AA}$ sistem kristal triklinik dan memiliki massa jenis $2,281 \text{ g/cm}^3$. Ukuran partikel ATKKS dengan PEG-6000 (1:3) yang diperoleh dari XRD menggunakan metode *Debye Scherrer* adalah $16,32 \text{ nm}$.

Data yang diperoleh dari sampel 2 (1:4)

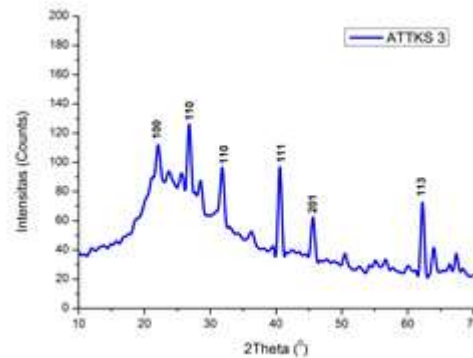


Gambar 2. Pola Hasil XRD ATKKS dengan PEG-6000 (1:4)

Pada gambar diatas dapat dilihat adanya puncak tertinggi yaitu pada sudut $2\theta = 23,03^\circ$ dengan jarak $3,8587 \text{ \AA}$. Hasil pola difraksi sinar-

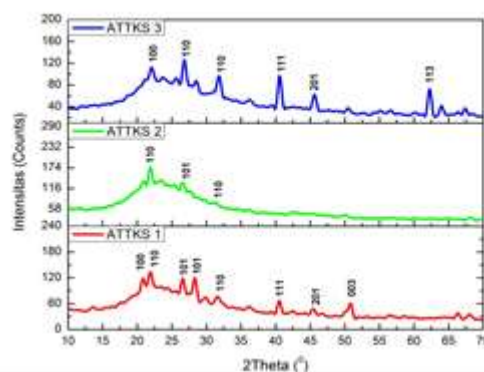
X ATKKS dengan PEG-6000 (1:4) memiliki fasa kristobalit (SiO_2) dengan parameter kisi $a \neq b \neq c$ dengan nilai $a = 4,1154 \text{ \AA}$; $b = 4,4201 \text{ \AA}$; $c = 15,5724 \text{ \AA}$ sistem kristal orthorhombic dan memiliki massa jenis $2,818 \text{ g/cm}^3$. Ukuran partikel ATKKS dengan PEG-6000 (1:4) yang diperoleh dari XRD menggunakan metode *Debye Scherrer* adalah $50,57 \text{ nm}$.

Data yang diperoleh dari sampel 3 (1:5)



Gambar 3. Pola Hasil XRD ATKKS dengan PEG-6000 (1:5)

Pada gambar diatas dapat dilihat adanya puncak tertinggi yaitu pada sudut $2\theta = 22,54^\circ$ dengan jarak $3,9418 \text{ \AA}$. Hasil pola difraksi sinar-X ATKKS dengan PEG-6000 (1:5) memiliki fasa kristobalit (SiO_2) dengan parameter kisi $a \neq b \neq c$ dengan nilai $a = 9,9320 \text{ \AA}$; $b = 17,2160 \text{ \AA}$ dan $c = 81,8640 \text{ \AA}$ sistem kristal triklinik dengan massa jenis $2,281 \text{ g/cm}^3$. Ukuran partikel ATKKS dengan PEG-6000 (1:5) yang diperoleh dari XRD menggunakan metode *Debye Scherrer* adalah $46,08 \text{ nm}$.



Gambar 4. Pola Hasil XRD ATKKS dengan PEG-6000

Dari gambar 4 di atas hasil analisis XRD sampel ATKKS dengan PEG-6000 menunjukkan bahwa adanya puncak maksimum ATKKS terdapat fasa SiO_2 (tridimit) dengan dhkl (110). Setelah diolah

dengan match! hasil analisa ATKKS dengan PEG-6000 memiliki struktur kristal pada sampel 1:3 dan 1:5 triklinik dan sampel 1:4 orthorhombic. Dari hasil analisis di atas struktur kristal pada sampel 1:4 berbeda dengan sampel lainnya ini mungkin bisa terjadi karena sampel 1:4 terkontaminasi dengan partikel asing saat pemakaian alat yang sebelumnya digunakan untuk mengolah bahan lain atau karena kesalahan peneliti dalam pengolahan match.

Tabel 1. Ukuran Partikel pada masing-masing Sampel

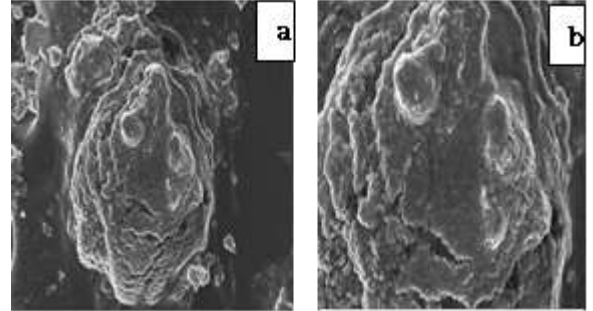
Sampel	Ukuran Partikel (nm)
Sampel 1 (1:3)	16,31 nm
Sampel 2 (1:4)	50,57 nm
Sampel 3 (1:5)	46,08 nm

Estimasi ukuran partikel di atas menunjukkan hasil yang tidak linier pada sampel satu dengan sampel yang lainnya. Hal ini dikarenakan terjadi aglomerasi pada partikel sampel ATKKS dengan PEG-6000 1:4 dan 1:5 yang menghasilkan ukuran partikel yang cenderung besar dan mengandung lebih banyak zat asing. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Nursa, dkk (2016) tentang Pengaruh Polietilen Glikol (PEG) terhadap ukuran partikel Magnetit (Fe_3O_4) yang disintesis menggunakan metode kopresipitasi memperoleh hasil bahwa pola difraksi Fe_3O_4 dengan penambahan PEG-6000 didapatkan ukuran kristal terkecil daripada penambahan PEG-1000 (19,32 nm), PEG-2000 (19,37), dan PEG-4000 (21,35). Ukuran yang kemudian lebih baik digunakan sebagai bahan pengisi adalah ukuran terkecil. Ukuran yang didapat tidak bisa disimpulkan, apakah semakin besar atau sedikit penambahan PEG-6000 akan mendapatkan ukuran yang lebih kecil. Hal ini disebabkan karena PEG yang ditambahkan harus mempunyai perbandingan yang tepat agar bekerja sesuai dengan fungsinya.

Dalam penelitian ini, PEG berfungsi lebih baik pada perbandingan 1:3 yang artinya penambahan PEG-6000 pada nanopartikel ATKKS menghasilkan ukuran partikel lebih kecil sesuai yang diharapkan dan bekerja

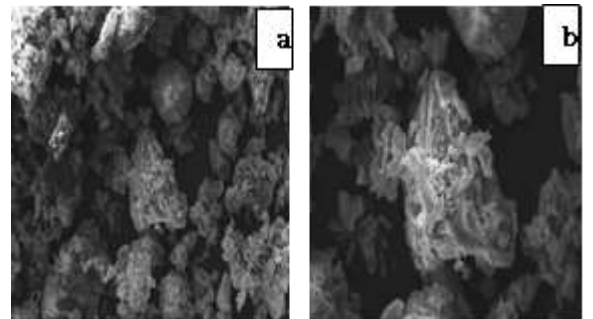
lebih optimal atau sebagaimana mestinya pada sampel 1.

2. Pengujian Scanning Electron Microscopy (SEM)



Gambar 5. Hasil Karakterisasi SEM ATKKS dan PEG-6000 (1:3) perbesaran (a) 500x, (b) 1000x

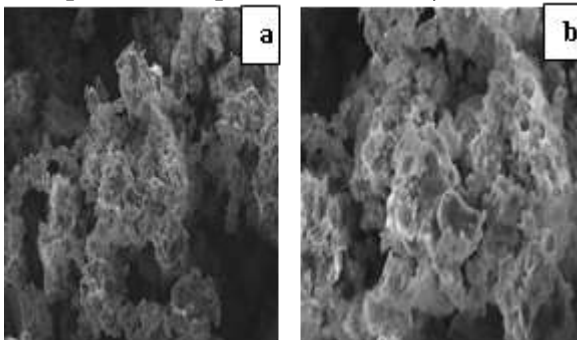
Pada ATKKS dengan PEG-6000 pada perbandingan 1:3, dengan perbesaran 500X dan 1000X permukaan partikel dengan sedikit pori dan sangat rapat dan terjadinya penumpukan butiran partikel hingga membentuk gumpalan besar yang menyerupai partikel baru yang lebih besar. Pada perbesaran 500X ukuran yang dihasilkan nanopartikelnya 20 μm yang artinya jarak antara titik satu dan titik dua 2 mikron. Dan perbesaran 1000X ukuran partikel 10 μm yang artinya jarak antara titik pertama dan kedua 1 mikron. Pada gambar terlihat bentuk morfologi terlihat jelas pada perbesaran 1000X dibandingkan dengan perbesaran 500X. Meskipun ukuran yang dihasilkan lebih kecil.



Gambar 6. Hasil Karakterisasi SEM ATKKS dan PEG-6000 (1:4) perbesaran (a) 1000x, (b) 2000x

Pada ATKKS dengan PEG-6000 pada perbandingan 1:4, dengan perbesaran 1000X

dan 2000X terlihat menyebar dibanding sampel sebelumnya, dengan distribusi masih acak dan bercehah. Butiran partikel menunjukkan sebaran bentuk butiran yang tidak beraturan (irregular) dan terjadi juga gumpalan-gumpalan partikel. Menurut (Mullin, J. 2001), bentuk kristal/partikel yang tidak beraturan disebabkan karena proses nukleasi yang terjadi bersifat heterogen akibat keberadaan partikel asing. Sehingga itu rongga antara butiran pada sampel ini relatif lebar sehingga menyebabkan ikatan antara partikel/kristal menjadi tidak kuat sehingga mudah rapuh. Pada perbesaran 1000X dan 2000X diperoleh ukuran morfologi yang sama yaitu 10 μm yang artinya jarak antara titik pertama dan kedua berukuran 1 mikron. Pada perbesaran 2000X, struktur morfologi dari nanopartikel tampak terlihat lebih jelas.



Gambar 7. Hasil Karakterisasi SEM ATKKS dan PEG-6000 (1:5) perbesaran (a) 1000x, (b) 2000x

Pada ATKKS dengan PEG-6000 pada perbandingan 1:5 dengan perbesaran 1000X dan 2000X terlihat ukuran partikel didominasi oleh ukuran kecil dengan keseragaman ukuran butir pada sampel sangat baik dan distribusi ukuran relatif merata dengan ukuran butiran yang rata-rata terlihat sama dibandingkan sampel sebelumnya. Terlihat distribusi yang masih acak tetapi sudah mulai rapat. Dan rongga antara butiran tidak terlalu banyak seperti pada sampel sebelumnya. Pada perbesaran 1000X diperoleh ukuran morfologi nanopartikel 10 μm yang artinya jarak antara titik pertama dan kedua 1 mikron. Kemudian diperjelas lagi pada perbesaran 2000X terlihat bentuk morfologinya dengan ukuran 20 μm artinya jarak antara titik pertama dan kedua 2 mikron. Dari kedua perbesaran 1000X dan

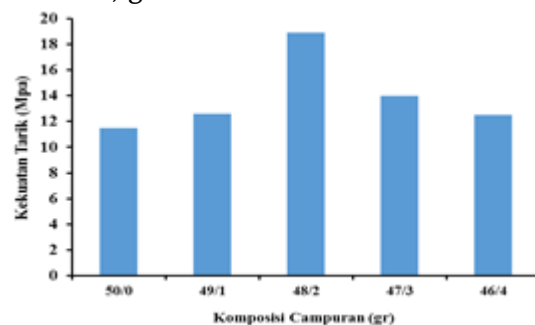
2000X, bentuk morfologi lebih jelas pada perbesaran 2000X dibandingkan perbesaran 1000X.

Penambahan PEG-6000 pada penelitian Siregar (2016) memperoleh hasil bahwa struktur permukaan yang lebih besar teratur dan membentuk partikel-partikel kecil yang berbentuk lonjong dimana terjadinya aglomerasi yang membuat partikel tampak seperti bertumpuk-tumpuk.

Sedangkan hasil penelitian ini dapat dilihat bahwa penambahan morfologi nanopartikel ATKKS dengan penambahan PEG-6000 lebih kecil pada perbandingan 1:3 dan lebih merata pada perbandingan 1:5.

3. Analisis Sifat Mekanik Nanokomposit Termoplastik LDPE

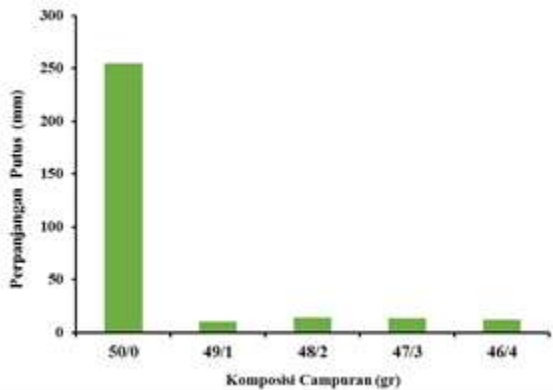
Sifat komposit nanopartikel termoplastik LDPE yaitu hasil kekuatan tarik terhadap regangan nanokomposit termoplastik LDPE dengan *filler* nanopartikel ATKKS dan PEG-6000 dimana *filler* yang digunakan adalah filler dengan perbandingan 1:3 karena memiliki ukuran partikel terkecil dibandingkan dengan sampel lain yaitu 16,31 nm. Termoplastik LDPE dicampur dengan filler nanopartikel ATKKS dan PEG-6000 dengan variasi komposisi (50:0, 49:1, 48:2, 47:3, 46:4) gr.



Gambar 8. Hubungan Kekuatan Tarik Terhadap Komposisi Campuran Termoplastik LDPE

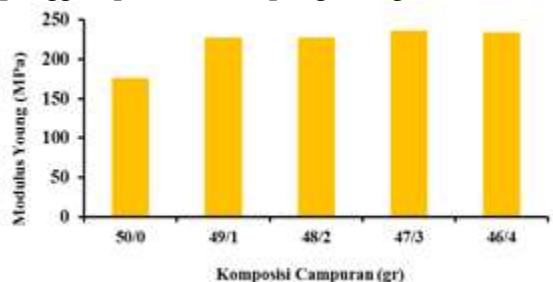
Pada gambar diatas nilai rata-rata kekuatan tarik terbaik adalah pada komposisi termoplastik 48 gr dengan nanopartikel ATKKS/PEG-6000 2 gr dengan nilai kekuatan tarik sebesar 19,9 MPa. Dalam hal ini terlihat bahwa penambahan filler ATKKS/PEG-6000 terhadap termoplastik LDPE mengalami peningkatan kekuatan tarik yang disebabkan

karena adanya peningkatan ikatan kovalen dan hidrogen dengan grup OH dan oksigen dari grup karboksil yang masing-masing menambah ikatan antara pengisi dengan termoplastik (Ginting, dkk.,2014).



Gambar 9. Hubungan Perpanjangan Putus Terhadap Komposisi Campuran Termoplastik LDPE

Pada gambar diatas nilai rata-rata perpanjangan putus mengalami penurunan dari LDPE murni (tanpa pengisi),hal ini juga terjadi pada hasil penelitian (Septian, N.2014 dan Juliana S.2013) yang disebabkan oleh penggumpalan bahan pengisi (*Agglomerasi*).



Gambar 10. Hubungan Modulus Young Terhadap Komposisi Campuran Termoplastik LDPE

Pada gambar diatas nilai rata-rata modulus young terbaik adalah pada komposisi termoplastik 47 gr dengan nanopartikel ATKKS/PEG-6000 3 gr dengan nilai modulus young sebesar 236 MPa. Peningkatan nilai modulus young disebabkan karena kandungan silika pada ATKKS yang lebih cenderung meningkatkan kekerasan dan dapat memberikan perbaikan sifat fisik termoplastik LDPE (Nanda,dkk.,2014).

KESIMPULAN DAN SARAN

Penggunaan filler ATKKS dan PEG-6000 pada Termoplastik LDPE yang meliputi

kekuatan tarik dan Modulus Young menghasilkan sifat mekanik yang lebih tinggi dibandingkan tanpa menggunakan filler sedangkan unuk perpanjangan putusnya lebih tinggi termoplastik LDPE murni(tanpa filler).

Hasil uji mekanik nanokomposit yang diperoleh dari LDPE dengan ATKKS dan PEG-6000 didapatkan kekuatan tarik lebih besar saat variasi campuran perbandingan (48/2) gram, sedangkan perpanjangan putus didapatkan nilai lebih besar pada variasi campuran (48/2) gram, serta nilai modulus elastis lebih besar didapatkan pada variasi campuran (47/3) gram.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., (2008), Pengantar Nanosains, ITB Bandung: 978-979-1344-48-7.
- Anwar, K., Mawardi., (2012), Penggunaan Abu Cangkang Kosong Kelapa Sawit Sebagai Pengganti Pada Sebagian Semen Untuk Menambah Kekuatan Tekan Mortar, Jurnal Inersia Teknik Sipil, Vol. 2.
- Aulia, F., Morpongahtun., dan Gea, S., (2013), Studi Penyediaan Nanokristal Selulosa Dari Tandan Kosong Sawit (TKS), Jurnal Saintia Kimia, 1 (2).
- Bukit, N., Frida, E., Simamora, P., dan Sinaga, T., (2015), Sintesis Fe₃Hal₄ Nanopartikel Besi Pasir Cara Dengan Polyethylene Glycol 6000. IISTE, 7(7) : 2224-3224.
- Fernandez, B.R., Arief, S., dan Eng., (2011), "NANOMATERIAL": Sintesis Karakterisasi, Sifat dan Peralatan Elektronik, Pascasarjana Universitas Andalas, Padang.
- Ginting, E.M. & Bukit, N., (2014), Karakterisasi Material, Unimed Press:978-602-1313-65-7.
- Juliana,S.(2013), Pengaruh modifikasi zeloit alam pada campuran Low Density Polyethylen (LDPE) dengan kompatibilizer PE-g-MA, Skripsi, FMIPA, UNIMED, MEDAN.
- Mullin, J.W. (2001). Crystallization 4th edition. Butterworth-Heinemann, Oxford.

- Motlan & Sirait, M., (2015), Pendahuluan Fisika Zat Padat, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Medan.
- Nanda, H., Baharudin, dan Fadli, A.,(2014), Pengaruh Maleated Natural Rubber Terhadap Morfologi Dan Sifat Thermoset Rubber dengan Filler Abu Sawit-Carbon Black, JOMFTENIK, 1(2): 1-13.
- Nursa,I,Puryanti.D,Budiman.A,(2016). Pengaruh Polietilen Glikol (PEG) Terhadap Ukuran Partikel Magnetit (Fe_3O_4) yang Disintesis dengan Menggunakan Metode Kopresipitasi,3(5):2302-8491.
- Septiani,N.,& Bukit,N., (2018), Karakterisasi Zeloit Alam Dan Abu Boiler Sebagai Bahan Pengisi Termoplastik LDPE (Low Density Polyethylen). Jurnal Einstein 2(3) : 27-32.
- Sirait, M dan Motlan., (2018), Fisika Material. Lembaga Penelitian Universitas Negeri Medan.
- Wahyuni , R., Halim, A., dan Febronica, S., (2014), Studi Sistem Dispersi Padat Karbamazepin Menggunakan Campuran Polimer Peg 6000 dan HPMC dengan Metoda Pelarutan. "Perkembangan Terkini Sains Farmasi dan Klinik IV" tahun 2014. 2014 : 233-240.
- Wardani, A.P.K., dan Widiawati, D., (2015), Pemanfaatan Tandan Kelapa Sawit Sebagai Material Tekstil Dengan Pewarna Alam Untuk Produk Kriya, Jurnal Tingkat Sarjana Bidang Seni Rupa dan Desain, (1) : 1-10.