



## SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANO PARTIKEL SILIKA DARI ABU AMPAS TEBU SEBAGAI FILLER ALUMINIUM

Doli Bonardo Hasan dan Karya Sinulingga

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

*hasanbonardo@gmail.com*

*Diterima April 2017; Disetujui Mei 2017; Dipublikasikan Juni 2017*

### ABSTRAK

Sintesis dan karakterisasi nano partikel silika dari abu ampas tebu bertujuan untuk mengetahui hubungan antara variasi suhu pembakaran awal terhadap struktur morfologi, ukuran partikel dan kristalnya, fasa yang terbentuk serta kekuatan tarik campuran antara nanosilika terbaik dengan aluminium. Abu ampas tebu kemudian dibakar didalam furnace selama 2 jam dengan suhu divariasikan 300°C, 400°C, 500°C dan 600°C. Selanjutnya sampel di *millings* selama 4 jam dengan kecepatan 250 rpm. Nanosilika disintesis menggunakan metode kopresipitasi dengan larutan HCl 1 M dan NaOH 1 M. Sedangkan metode pencampuran aluminium dengan nanosilika menggunakan metode metalurgi serbuk. Dari analisis XRD, keempat sampel memiliki fasa silika dan garam sebagai fasa pengotor. Kenaikan suhu pembakaran awal, menyebabkan menurunnya ukuran kristal yaitu yang terbesar 78,43 nm (300°C), dan yang terkecil 34,72 nm (600°C). Dari hasil PSA menunjukkan ukuran partikel nanosilika terbesar 245,5 nm (300°C), dan terkecil 38,9 nm (600°C). Dari analisis SEM, diperoleh keempat morfologi nanosilika menunjukkan butiran yang kurang rapat. Dari pengujian UTM, diperoleh modulus young campuran aluminium dengan nanosilika sebesar 1769,4 Mpa.

**Kata Kunci:** *Abu Ampas Tebu, Suhu Pembakaran Awal, Metode Kopresipitasi, Nanosilika*

### PENDAHULUAN

Silika (SiO<sub>2</sub>) merupakan salah satu bahan yang termasuk ke dalam golongan oksida yang memiliki potensi pemanfaatan pada berbagai aplikasi. Selain dapat digunakan sebagai bahan baku industri gelas dan kaca, silika juga dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan sel surya (Munasir, dkk.2013). Selain itu silika juga digunakan sebagai piranti semikonduktor, pembuatan keramik dan lain-lain. Silika bisa didapatkan dari pasir silika yang jumlahnya melimpah di Indonesia atau dari limbah

penghancuran gelas dan kaca juga dari bahan organik seperti abu sekam padi dan abu ampas tebu (Munasir, dkk. 2013). Sintesis silika memerlukan perlakuan khusus untuk sampai pada skala nano, yaitu menggunakan beberapa metode seperti metode *sol-gel process*, metode gas *phase process*, metode kopresipitasi, metode *emulsion techniques*, dan metode plasma *spraying & fogging process* (polimerisasi silika terlarut menjadi organo silika). Kopresipitasi merupakan metode yang menjanjikan karena prosesnya menggunakan temperatur rendah

sehingga waktu yang dibutuhkan relatif lebih singkat, yaitu  $\pm 12$  jam (Yusuf, M.dkk. 2014).

Hariharan. V dan Sivakumar G, (2013) pernah meneliti mengenai cara sintesis nano partikel silika dari ampas tebu, dalam penelitian ini ampas tebu diproses dengan metode pengabuan kemudian nano partikel silika didalam kandungan abu ampas tebu disintesis menggunakan metode kopresipitasi. Hasil penelitian menggunakan XRD diperoleh nano partikel silika yang *amorphous*, ketika diamati melalui alat mikrofografi SEM nano partikel silika ini berbentuk seperti bola, homogen dan berkelompok. Nano partikel silika memiliki beberapa sifat diantaranya: luas permukaan besar, ketahanan panas yang baik, kekuatan mekanik yang tinggi dan inert sehingga digunakan sebagai prekursor katalis, adsorben dan *filler* pada bahan komposit. Penggunaan nano partikel silika dari abu ampas tebu sebagai *filler* pada matriks dapat meningkatkan kekuatan mekanik pada campuran tersebut (Gowri Shankar, 2014)

Gowri Shankar (2014) pernah melakukan penelitian terkait pembuatan komposit Aluminium dengan silika ( $\text{SiO}_2$ ) dimana penelitian ini memvariasikan silika dengan variasi 0%, 3% dan 6% sebagai *filler* matriks aluminium dengan metode vortex. Hasil penelitian ini diperoleh nilai kekerasan untuk variasi 0%, 3% dan 6% berturut-turut sebesar 1726 Pa, 1804 Pa dan 1873 Pa. Penelitian ini untuk memecahkan masalah yang sering ditemui pada material dalam penggunaan dengan tuntutan mekanik tinggi. Sintesis dan karakterisasi nano partikel silika dari abu ampas tebu bertujuan untuk mengetahui hubungan antara variasi suhu pembakaran awal terhadap struktur morfologi, ukuran partikel dan kristalnya, fasa yang terbentuk serta kekuatan tarik campuran antara nanosilika terbaik dengan aluminium.

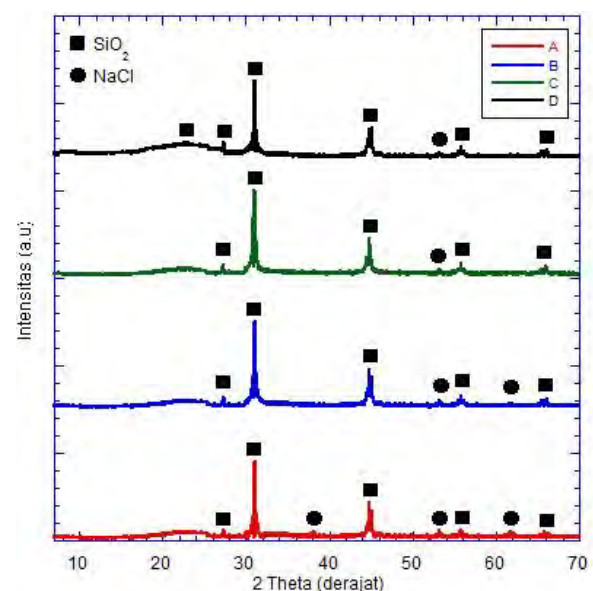
## METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan bahan abu ampas tebu yang didapatkan dari Pabrik Gula Kwala Madu Di Kabupaten Stabat, Sumatera Utara. Sintesis silika menggunakan

metode kopresipitasi. Pembakaran awal abu ampas tebu divariasikan dengan suhu  $300^\circ\text{C}$ ,  $400^\circ\text{C}$ ,  $500^\circ\text{C}$  dan  $600^\circ\text{C}$ . Metode kopresipitasi dilakukan menggunakan larutan asam HCl 1 M dan sebagai larutan pengendap digunakan NaOH 1 M. Nano partikel silika yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan XRD (*X-ray diffractometer*) type *PAN analytical Empyrean* untuk mengetahui fasa yang terbentuk, PSA (*Particle Size Analyzers*) untuk mengetahui ukuran partikel dan distribusi ukuran partikel, SEM/EDS (*scanning electron microscopy-energy dispersive spectroscopy*) merk *Zeiss EVO MA 10* untuk mengamati morfologi partikel secara kualitatif dan komposisi unsur didalamnya. Pencampuran antara aluminium dengan nanosilika dilakukan menggunakan metode metalurgi serbuk dan dikarakterisasi menggunakan UTM (*Universal Testing Machine*) untuk mengetahui kekuatan tarik campuran tersebut.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Fasa Dan Ukuran Kristal



**Gambar 1.** Poladifraksi nano partikel silika (A) suhu  $300^\circ\text{C}$ , (B) suhu  $400^\circ\text{C}$ , (C) suhu  $500^\circ\text{C}$  dan (D) suhu  $600^\circ\text{C}$

Pada pola difraksi gambar 1 (a) fasa NaCl pada sampel memiliki 3 puncak dengan intensitas tertentu, tetapi saat suhu pembakaran awal dinaikkan menjadi  $400^\circ\text{C}$  fasa NaCl yang

terbentuk berkurang menjadi 2 puncak dan intensitas tertinggi pada fasa NaCl berkurang dari sampel sebelumnya sebesar 24 cts terlihat pada pola difraksi gambar 1 (b). Pada pola difraksi sampel dengan suhu 500°C yaitu pada gambar 1 (c) fasa NaCl semakin berkurang terlihat dari jumlah puncak menjadi hanya satu, selain itu puncak fasa NaCl bergeser sebesar 0,08° ke arah kiri tetapi intensitas meningkat sebesar 10 cst dari sampel sebelumnya. Kemudian pada sampel suhu pembakaran 600°C, terlihat pada pola difraksi gambar 1 (d) fasa NaCl masih memiliki satu puncak tetapi intensitasnya meningkat sebesar 185. Hal ini menunjukkan pada suhu 600°C semua fasa yang terkandung di dalam nanosilika cenderung meningkat.

Pada pola difraksi gambar 1 (a) fasa silika yang terbentuk memiliki 5 puncak dengan intensitas tertentu, dan pada pola difraksi gambar 1 (b) fasa silika yang terbentuk tetap memiliki 5 puncak tetapi terjadi peningkatan intensitas tertinggi sebesar 100 cts. Pada sampel berikutnya yang dibakar pada suhu 500°C, fasa silika yang terbentuk tetap memiliki 5 puncak tetapi sudut theta pada puncak tertinggi bergeser sebesar 0,08° ke arah kiri dengan besar intensitas yang sama terlihat pada pola difraksi gambar 1 (c). Sedangkan pada pola difraksi gambar 1 (d), terdapat puncak baru yang menunjukkan fasa silika sehingga jumlah puncak pada fasa silika menjadi 6 puncak. Puncak tertinggi bergeser pada 2 theta sebesar 0,04° dan puncak yang baru berada pada sudut (2θ) 22,6°.

Sistem kristal yang terbentuk pada sampel nanosilika suhu pembakaran awal 300°C, 400°C, 500°C memiliki sistem yang berbeda. Melalui analisis menggunakan *free software Match!*, sistem kristal pada sampel nanosilika suhu 300°C yaitu kubik dengan parameter kisi a = b = c = 5,7425 Å. Sistem kristal pada sampel nanosilika suhu 400°C yaitu trigonal dengan parameter kisi a = b = d = 5,0837 Å dan c = 5,4955 Å, kemudian sistem kristal pada sampel nanosilika suhu 500°C yaitu hexagonal dengan parameter kisi a = b = d = 5,0520 Å dan c = 8,2700 Å, sedangkan sistem kristal pada sampel nanosilika suhu 600°C yaitu tetragonal dengan parameter kisi a = b = 6,8719 Å dan c = 6,8165 Å.

Difraksi sinar X juga dapat digunakan untuk menentukan ukuran kristal (*crystallite*

*size*) dengan fase tertentu dengan menggunakan modifikasi persamaan Deybe Scherrer berikut ini.

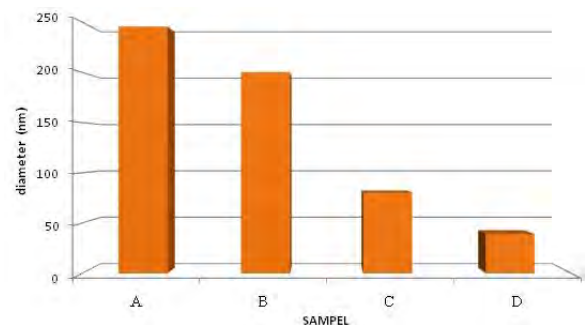
$$D = \frac{k\lambda}{e_{Intersep}} \quad 1$$

Tabel 1. menyajikan perbandingan ukuran kristal sampel nanosilika suhu pembakaran awal 300°C, 400°C, 500°C dan 600°C. Pada Tabel 1 terlihat bahwa ukuran kristal sampel Nano Partikel Silika berkurang seiring dengan meningkatnya suhu pembakaran awal yang diberikan. Hal ini menandakan bahwa penambahan suhu pembakaran awal dapat memperkecil ukuran kristal pada partikel didalam sampel.

**Tabel 1.** Perbandingan Ukuran Kristal Sampel Nanosilika

No	Sampel	Ukuran Kristal (nm)
1	Nanosilika (300°C)	78,43
2	Nanosilika (400°C)	48,92
3	Nanosilika (500°C)	46,39
4	Nanosilika (600°C)	34,72

**Analisis Ukuran Partikel Dan Distribusinya**

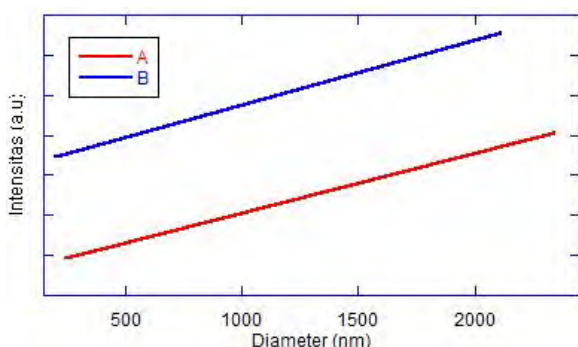


**Gambar 2.** Grafik Perbandingan Ukuran Partikel (A) Nanosilika 300°C, (B) Nanosilika 400°C, (C) Nanosilika 500°C dan (D) Nanosilika 600°C.

Dari gambar 2 tersebut terlihat bahwa bertambahnya suhu pada pembakaran awal nano partikel silika menyebabkan ukuran partikel cenderung menurun. Hal ini dapat terjadi karena silika memiliki kecenderungan kelarutan yang bersifat positif. Artinya, saat suhu

meningkat, kelarutan akan meningkat. Pada kondisi kelarutan yang tinggi akan menghasilkan mobilitas ionik yang tinggi, viskositas yang rendah dan konsentrasi ion yang lebih banyak yang akan mengakibatkan terpisahnya aglomerat sehingga akan menghasilkan ukuran partikel lebih kecil (Wibowo, A. 2015), maka suatu aglomerat partikel dapat berpisah satu sama lain pada suhu tertentu yang menyebabkan menurunnya ukuran partikel. Namun saat suhu ditingkatkan kembali, ukuran partikel kembali meningkat dengan kristalinitas yang lebih baik (Wibowo, A. 2015). Nilai *Polydispersity Index* pada suhu 300°C, 400°C, 500 °C dan suhu 600°C dapat dilihat secara berturut-turut pada gambar 3 dan 4.

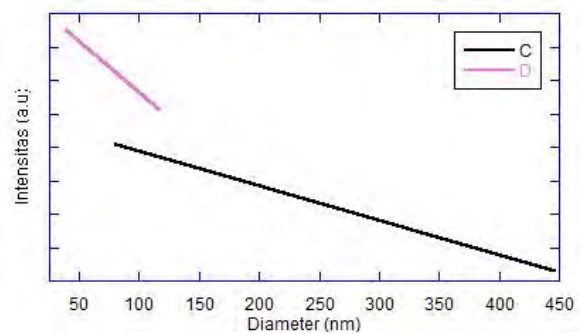
Dispersi yang homogen memiliki nilai PDI mendekati nol sementara nilai PDI yang lebih besar dari 0,3 menyatakan dispersi yang heterogen. Selain itu polidispersiti index (PDI) merupakan parameter yang mendefinisikan distribusi ukuran partikel. Nilai PDI antara 0,01 hingga 0,5-0,7 merupakan partikel yang homogen. Partikel yang memiliki nilai PDI > 0,7 menandakan distribusi ukuran yang lebar dan tidak seragam (heterogen). Nilai PDI yang rendah menandakan banyaknya dispersi mono dalam larutan. Untuk mengukur PDI dapat diamati dengan menggunakan media pendispersi, dan media pendispersi nanosilika berupa air (Wibowo. A, 2015). Berikut distribusi ukuran partikel pada nanosilika (300°C) dan nanosilika (400°C).



Gambar 3. Grafik Perbandingan PDI (A) Nanosilika 300°C, dan (B) Nanosilika 400°C.

Berdasarkan gambar 3, garis yang cukup lebar pada grafik menunjukkan perbedaan

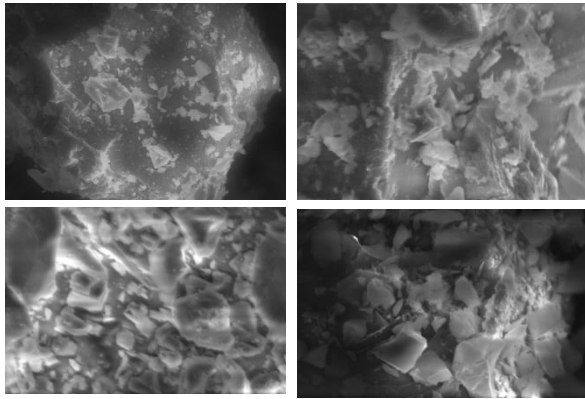
ukuran yang sangat besar pada sampel. Perbedaan tersebut ditandai dengan nilai antara dua skala yang cukup besar sehingga dapat dipastikan terdapat banyak ketigakseragaman ukuran partikel didalam sampel. Melalui hasil pengujian juga dapat dilihat bahwa sebaran ukuran partikel yang ditunjukkan nilai PDI pada sampel nanosilika suhu 300°C sebesar 1,38 dan sampel nanosilika 400°C memiliki nilai PDI 1,00. Kedua sampel memiliki nilai PDI diatas 0,7, yang menandakan distribusi ukuran partikel yang lebar dan tidak seragam (heterogen). Kemudian untuk distribusi ukuran partikel pada nanosilika (500°C) dan nanosilika (600°C) disajikan pada grafik berikut.



Gambar 4. Grafik Perbandingan PDI (C) Nanosilika 500°C, dan (D) Nanosilika 600°C.

Berdasarkan gambar 4, garis pada grafik tidak terlalu lebar. Menurut hasil pengujian, sampel nanosilika suhu 500°C memiliki nilai PDI sebesar 0,42 dan sampel nanosilika 600°C memiliki nilai PDI sebesar 0,14. Karena kedua sampel tersebut memiliki nilai PDI dibawah 0,7 maka hal ini menandakan distribusi ukuran partikel dapat dikatakan homogen. Dari keempat grafik tersebut, dapat terlihat bahwa dengan meningkatnya suhu pembakaran awal, maka nilai PDI cenderung menurun. Menurunnya nilai PDI menandakan semakin seragamnya ukuran partikel, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Wibowo, A. (2015), bahwa semakin tinggi suhu pembakaran awal maka menyebabkan semakin rendah nilai PDI pada sampel.

**Pengamatan Morfologi Dan Komposisi Unsur Nano Partikel Silika**



**Gambar 5.** Morfologi sampel nano partikel silika pembesaran 3000x (a) nanosilika 300°C, (b) nanosilika 400 °C,(c) nanosilika 500 °C dan (e) nanosilika 600 °C.

Dari keempat gambar morfologi pada sampel nano partikel silika, diperoleh hubungan antara suhu pembakaran awal dengan kualitas morfologi sampel. Semakin tinggi suhu pembakaran awal pada sampel, maka semakin baik bentuk dan sebaran bentuk butiran pada sampel. Selain itu rongga antara butiran semakin rapat dan semakin sedikit seiring bertambahnya suhu pembakaran awal pada sampel.

Komposisi unsur pada sampel juga dapat dilihat melalui analisis EDX yang berada di satu unit SEM. Pengujian komposisi dilakukan pada sampel nano partikel silika suhu pembakaran awal 300°C dan 600°C. Hal ini dilakukan karena menurut Hariharan, et all (2013), semakin tinggi suhu pembakaran awal pada abu ampas tebu, maka semakin tinggi kandungan silika didalamnya dan semakin menurunkan kadar pengotor selain silika didalam abu ampas tebu. Berikut hasil pengamatan komposisi unsur pada sampel nanosilika (300°C).

**Tabel 2.** Komposisi Unsur Pada Nanosilika (300°C)

Elemen	Atom C. (at. %)	Norm C. (wt %)
Si	36,24	48,28
O	45,62	39,00
Na	14,72	9,19
Cl	3,42	3,54

Berdasarkan tabel 2, terlihat bahwa pada partikel nanosilika terdapat unsur Si, O, Na dan Cl. Namun unsur Si dan O merupakan unsur dengan kandungan terbesar yaitu Si sebesar 48,28% (wt) dan O 39,00% (wt) sedangkan kandungan atom terbesar yaitu O sebesar 45,62% (at) dan Si 36,24% (at). Sesuai analisis menggunakan xrd yang menunjukkan adanya fasa *impurities* (pengotor) dari sampel nanosilika (300°C) yaitu fasa NaCl. Hal ini terlihat pada pengamatan menggunakan edx, bahwa kandungan fasa tersebut terbentuk dari reaksi antara unsur Na (natrium) dan Cl (klorin). Kemudian sampel nanosilika (600°C) juga diamati kandungan unsur didalamnya, berikut hasil pengujian eds pada sampel nanosilika suhu pembakaran 600°C

**Tabel 3.** Komposisi Unsur Pada Nanosilika (300°C)

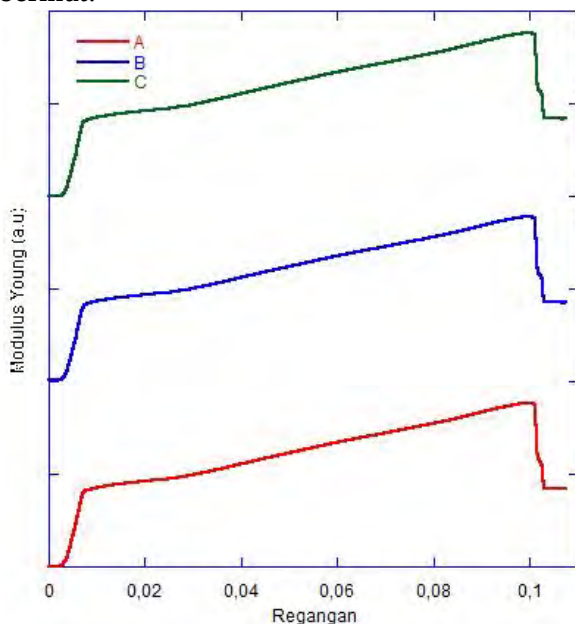
Elemen	Atom C. (at. %)	Norm C. (wt %)
Si	57,39	42,95
O	27,04	35,19
Na	8,31	13,99
Cl	7,26	7,87

Berdasarkan tabel 3, terlihat bahwa pada partikel nanosilika juga terdapat unsur Si, O, Na dan Cl. Namun unsur Si dan O merupakan unsur dengan kandungan terbesar yaitu Si sebesar 42,95% (wt) dan O 35,19% (wt) sedangkan kandungan atom terbesar yaitu Si sebesar 57,39% (at) dan O 27,04% (at). Selain kedua unsur itu, terdapat unsur pengotor berupa unsur Na dan Cl, tetapi kandungannya sudah mulai berkurang. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kandungan unsur Si dan O yang membentuk silika akan semakin meningkat seiring bertambahnya suhu pembakaran awal pada sampel. Selain itu berdasarkan kedua tabel antara nanosilika suhu 300°C dan 600°C, dapat dibandingkan bahwa terlihat juga unsur pengotor Na dan Cl mengalami pengurangan jumlah atom dan fraksi beratnya sehingga semakin tinggi suhu pembakaran awal maka semakin berkurang kandungan unsur pengotor pada sampel nano partikel silika.



### Analisis Modulus Young Campuran Aluminium Dengan Nanosilika

Pada pengujian ini sampel diuji sesuai standar praparasi sampel uji ASTM E8/E8M-09. Dari hasil perhitungan kekuatan tarik pada sampel dengan menggunakan persamaan :  $\sigma = \frac{F}{A_0}$  . dimana  $A_0$  adalah luas sampel. Kemudian dapat dihitung juga modulus young yaitu ukuran suatu bahan yang diartikan ketahanan material tersebut terhadap deformasi elastik (Ginting. E.M, et al, 2014). Menentukan *modulus young* pada sampel diperoleh menggunakan persamaan  $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$  , dimana  $\epsilon$  adalah regangan yang diperoleh pada data hasil uji tarik. Melalui persamaan diatas, diperoleh kurva modulus young terhadap regangan seperti berikut.



**Gambar 6.** Grafik Perbandingan Hubungan Modulus Young Dengan Regangan Pada Sampel Campuran Al-Nanosilika

Berdasarkan gambar 6, terlihat bahwa modulus young maksimum rata-rata pada sampel campuran aluminium dengan nanosilika adalah sebesar 1769,433 Mpa atau 1,769,43 kN/mm<sup>2</sup>. Menurut penelitian Usman A.M, et al (2014) modulus young aluminium murni sekitar 1600-1700 Mpa. Hal ini menunjukkan adanya kenaikan modulus young karena adanya pengisi nanosilika pada campuran dengan aluminium. Berikut tabel modulus young ketiga sampel yang dimaksud.

**Tabel 4.** Modulus Young Campuran Aluminium Dengan Nanosilika

Sampel	$\sigma_{maks}$ (Mpa)	$\epsilon_{maks}$ (%)	E (MPa)
1	176,61	10	1766,1
2	177,86	10	1778,6
3	176,36	10	17636

Pada tabel 4.6, memperlihatkan modulus young maksimum pada setiap sampel campuran aluminium dengan nanosilika. Regangan yang diperoleh disetiap sampel cenderung sama karena setelah sampel mengalami perpatah, terjadi penambahan panjang 20 mm sehingga regangan maksimum pada sampel yaitu sebesar 10%. Perbedaan modulus young maksimum antara aluminium murni dengan campuran aluminium dan nanosilika menandakan bahwa ketahanan material campuran aluminium dengan nanosilika terhadap deformasi elastik lebih tinggi dibandingkan aluminium murni. Karena semakin besar modulus young pada material maka semakin kecil regangan elastik yang dihasilkan akibat pemberian tegangan (Ginting, E.M, et al 2014).

### KESIMPULAN DAN SARAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah: (1) Morfologi setiap sampel mengalami perbedaan, diantaranya semakin bertambahnya suhu pembakaran awal maka rongga (jarak) antar butir didalam sampel semakin menyempit (rapat), ukuran butir dan sebaran ukuran butirnya cenderung semakin homogen dan bentuk butiran berubah menjadi kepingan-kepingan sedangkan Komposisi unsur yang terkandung pada sampel nanosilika 300°C yaitu unsur Si, O, Na dan Cl dengan jumlahnya berturut-turut 48,28%, 39,00%, 9,19% dan 3,54% (wt). Sedangkan pada sampel nanosilika 600°C yaitu unsur Si mengalami penurunan menjadi 42,95% dan O menjadi 35,19% (wt). (2) Hasil analisa PSA menunjukkan ukuran partikel silika pada suhu pembakaran awal 300°C sebesar 245,5 nm dan semakin berkurang hingga menjadi 38,91 nm pada sampel nanosilika suhu 600°C. Hal ini menandakan bahwa ukuran partikel silika semakin mengecil seiring bertambahnya suhu pembakaran awal pada abu

ampas tebu. (3) Melalui analisa XRD, Seiring bertambahnya suhu, puncak-puncak pada kedua fasa didalam sampel mengalami perubahan jumlah. Puncak yang menunjukkan fasa garam mengalami pengurangan jumlah, sedangkan puncak yang menunjukkan fasa silikamengalami penambahan menjadi 6 puncak pada nano partikel silika 600°C. (4) Suhu pembakaran awal juga mempengaruhi ukuran kristal pada nano partikel silika, hal ini ditandai dengan ukuran kristal pada nanosilika 300°C sebesar 78,43 nm dan mengalami penurunan ukuran kristal hingga ukuran 34,72 pada sampel nanosilika 600°C. (5) Hasil pengujian tarik campuran aluminium dengan nanosilika menunjukkan kekuatan tarik maksimum pada sampel rata-rata sebesar 177 MPa atau 0,177 kN/mm<sup>2</sup> sedangkan modulus young maksimum rata-rata sebesar 1769,433 MPa atau 1,76943 kN/mm<sup>2</sup>.

Untuk pengembangan penelitian ini, Penulis menyarankan agar suhu pembakaran awal perlu dicoba pada suhu 700°C, dan 800°C karena akan semakin meningkatkan kuantitas dari silika dan meningkatkan derajat kristalinitasnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ginting. E.M., Bukit. N., (2014), *Karakterisasi Material*, Medan, Unimed Press
- Gowri. S.M. C., Jayashree P. K., U. Achuthakini, S. S Sharma, (2014), *Effect Of Silicon Oxide (SiO<sub>2</sub>) Reinforced Particles On Ageing Behavior Of Al-2024 Alloy*, 5 (9)
- Hariharan. V., Sivakumar. G., (2013), *Studies On Synthesized Nanosilica Obtained From Bagasse Ash.*, ISSN : 0974-42905 (3), 1263-1266
- Munasir, Widodo, Triwikantoro, Zainuri. M., Darminto, (2013), *Perbandingan Massa Kalium Hidroksida Pada Ekstraksi SiO<sub>2</sub> Orde Nano Berbasis Bahan Alam Pasir Kuarsa*. Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Pendidikan Sains VII UKSW
- Wibowo. A, (2015), *Sintesis Nanosilika Dari Abu Ketel Menggunakan Metode Hidrotermal Dengan Variasi Waktu Dan Suhu Proses*, Skripsi, IPB
- Yusuf. M., Suhendar. D., Hadisantoso. E.P, (2014), *Studi Karakteristik Silika Gel Hasil*

*Sintesis Dari Abu Ampas Tebu Dengan Variasi Konsentrasi Asam Klorida*, 3 (1)