

Pengaruh *thermal shock resistance* terhadap makro struktur dan ketahanan *impact* kowi pelebur (*crusible*) berbahan komposit abu sekam padi/grafit/kaolin

Desi Riana Sari¹, Rusiyanto², Rahmat Doni Widodo³, dan Pramono⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang
desirianasari9295@gmail.com

Abstrak : Indonesia adalah salah satu negara agraris dimana pertanian menjadi salah satu komoditas terbanyak. Hasil pertanian yang mendominasi di antaranya yaitu padi. Salah satu sisa dalam penggilingan padi adalah sekam padi. Secara umum penggunaan sekam di Indonesia masih terbatas yaitu sebagai media tanaman hias, pembakaran bata merah, alas ternak untuk unggas, kuda, sapi, kambing, dan kerbau. Bahkan di kawasan industri pengolahan makanan seperti pabrik makanan sekam padi hanya digunakan sebagai bahan bakar dan abunya dibuang begitu saja. Oleh karena itu, dalam penelitian ini abu sekam padi akan digunakan sebagai bahan pembuatan kowi atau cawan lebur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *thermal shock resistance* terhadap hasil makro struktur kowi pelebur (*crusible*) berbahan komposit abu sekam padi/ grafit/ kaolin dan mengetahui pengaruh *thermal shock resistance* terhadap ketahanan *impact* kowi pelebur (*crusible*) berbahan komposit abu sekam padi/ grafit/ kaolin. Metode penelitian ini menggunakan metode statistika deskriptif. Variasi suhu pada *thermal shock resistance* memiliki pengaruh yang berbeda terhadap tingkat ketangguhan *impact* pada spesimen uji *impact*. Ketangguhan terendah sebesar $0,0086 \text{ J/mm}^2$ pada suhu *thermal shock resistance* $600 \text{ }^\circ\text{C}$, dan ketangguhan *impact* tertinggi sebesar $0,0170 \text{ J/mm}^2$ pada spesimen tanpa perlakuan *thermal shock resistance*. Semakin tinggi suhu *thermal shock resistance* kowi berbahan komposit abu sekam padi/ grafit/ kaolin, maka hasil struktur makro terlihat butiran warna hitam yang mendominasi, sehingga menyebabkan ketangguhan dan kekerasan pada bahan kowi pelebur semakin rendah, begitu juga sebaliknya.

Kata Kunci: *thermal shock resistance*, *impact*, kowi pelebur (*crusible*), arang sekam padi, grafit, kaolin

1. Pendahuluan

Indonesia adalah salah satu negara agraris dimana pertanian menjadi salah satu komoditas terbanyak. Hasil pertanian yang mendominasi di antaranya yaitu padi. Salah satu sisa dalam penggilingan padi adalah sekam padi. Secara umum penggunaan sekam di Indonesia masih terbatas yaitu sebagai media tanaman hias, pembakaran bata merah, alas ternak untuk unggas, kuda, sapi, kambing, dan kerbau. Bahkan di kawasan industri pengolahan makanan seperti pabrik makanan sekam padi hanya digunakan sebagai bahan bakar dan abunya dibuang begitu saja. Oleh karena itu, dalam penelitian ini abu sekam padi akan digunakan sebagai bahan pembuatan kowi atau cawan lebur.

Cawan lebur adalah tempat berbentuk menyerupai pot atau mangkuk, digunakan untuk peleburan bahan bukan logam. Benda tersebut berbentuk krus atau diameter bawah lebih kecil dibandingkan dengan diameter bagian atas, maka sering disebut krusibel (Polman, 2012). Pembuatan cawan lebur tersebut berasal dari bahan yang berbeda-beda.

Pada umumnya peleburan logam, khususnya logam non ferro yang tidak mengandung unsur besi (Fe) seperti aluminium, tembaga, dan timah hitam menggunakan cawan pelebur yang membutuhkan panas yang tidak begitu tinggi. Cawan lebur atau kowi tersebut biasanya terbuat dari bahan grafit dan tanah liat, ada juga yang menggunakan bata tahan api. Sehingga banyak industri pengecoran logam non ferro yang

menggunakannya. Menurut beberapa *home industry* yang sudah disurvei, yaitu di daerah Cepur Klaten banyak yang menggunakan cawan pelebur aluminium berupa kowi. Pembuatan kowi di daerah Cepur banyak menggunakan bahan semen tahan api dan serbuk batu bata api, dimana komposisinya adalah 40 % semen tahan api sedangkan 60 % serbuk batu bata dan dicampur dengan air untuk bisa menjadi adonan.

Pembuatan kowi dengan menggunakan bahan abu sekam padi juga akan berpengaruh terhadap ketahanan *thermal* pada kowi pada saat pemakaian. karakteristik *thermal* silika sekam padi menunjukkan peningkatan stabilitas *thermal*, dan pembentukan fasa *crystoballite*, *trydimite* meningkat seiring dengan naiknya suhu *sintering*, serta tingkat persentasi kemurnian silika meningkat dengan kenaikan suhu *sintering* sebesar 98,85% pada suhu *sintering* 1050 °C (Sembiring dan Karo-Karo, 2007).

Menurut Mittal (1997) sekam padi merupakan salah satu sumber penghasil silika terbesar setelah dilakukan pembakaran sempurna. Abu sekam padi hasil pembakaran yang terkontrol pada suhu tinggi (500 – 600°C) akan menghasilkan abu silika yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai proses kimia.

Houston (1972) mengatakan bahwa abu sekam padi mengandung silika sebanyak 86% - 97% berat kering. Kandungan silika dalam sekam padi yang cukup tinggi sangat prospektif untuk pengembangan produk-produk berbasis silika. Silika banyak digunakan sebagai bahan dasar pembuatan gelas, keramik, silika refraktori, *soluble silicate*, silika karbida, dan bahan-bahan kimia lainnya berbasis silika silika (Kirk and Othmer, 1967).

Selain bahan Abu sekam padi, dalam pembuatan kowi juga menggunakan bahan grafit. Saat ini ada berbagai bentuk karbon berupa grafit sintesis dan intan sintesis, karbon adsorban, kokas, karbon hitam, serat grafit dan karbon, karbon gelas, karbon serupa intan yang akan digunakan dalam berbagai aplikasi seperti kontak elektrik dan elektroda, pelumas, pemoles

sepatu, batu permata, pisau potong, penyerap gas, dan lain-lain (Sengupta, et.al, 2011).

Kemudian bahan yang ketiga sebagai perekat yaitu lempung kaolin. Kaolin merupakan massa batuan yang tersusun dari material lempung dengan kandungan besi yang rendah, dan umumnya berwarna putih dan agak keputihan. Kaolin mempunyai komposisi hidrous aluminium silikat ($2\text{H}_2\text{O}.\text{AlO}_3.2\text{SiO}_2$), dengan disertai mineral penyerta. Kaolin dapat digunakan dalam pembuatan keramik, bahan obat, pelapis kertas, cat bangunan, sebagai adiktif pada makanan dan pada pasta gigi (Siagian dan Hutabalian, 2012).

Adanya perlakuan *thermal shock resistance* pada kowi pelebur berbahan komposit abu sekam padi/grafit/kaolin, karena dilihat dari penggunaan kowi pelebur yang secara terus menerus dengan perbedaan suhu yang mendadak. *Thermal shock resistance* biasanya disebut dengan suhu yang bertekanan tinggi, kemudian mendapatkan perlakuan secara mendadak sehingga suhu komponen menurun (Barsoum and Barsoum, 2002). Pada saat situasi yang luar biasa, sebuah bagian dapat secara spontan hancur atau rusak selama pendinginan. Menurut penelitian terdahulu, pemanasan atau pendinginan dengan cepat dari sebuah keramik akan sering mengalami kegagalan. Kegagalan material ini diketahui dari panas kejutan dan terjadi ketika panas tinggi dan posisi panas bertekanan melebihi kekuatan dari bagian material tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui fasa senyawa yang terkandung pada bahan komposit abu sekam padi/ grafit/ kaolin dengan pengujian *X-Ray Diffraction*, mengetahui pengaruh *thermal shock resistance* terhadap hasil makro struktur kowi pelebur (*crusible*) berbahan komposit abu sekam padi/ grafit/ kaolin dan mengetahui pengaruh *thermal shock resistance* terhadap ketahanan *impact* kowi pelebur (*crusible*) berbahan komposit abu sekam padi/ grafit/ kaolin.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan metode statistika deskriptif. Metode ini digunakan untuk memberikan gambaran terhadap perubahan yang terjadi setelah dilakukan perlakuan tertentu dengan variabel bebas terhadap variabel terikat.

Bahan yang digunakan untuk pembuatan kowi pelebur, di antaranya grafit hitam dari serbuk baterai berasal dari tempat pengecoran logam Ceper Kabupaten Klaten dengan ukuran 325 mesh, lempung kaolin asli Belitung yang diperoleh dari toko kimia Indrasari, Stadion Diponegoro Kota Semarang dengan ukuran 325 mesh, dan sekam padi varietas Kabupaten Sukoharjo yang sudah diproses menjadi arang dengan sistem pembakaran tanpa udara atau pembakaran di dalam tangki.

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah 80% hasil pengujian menunjukkan bahwa *Thermal shock resistance* berpengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik kowi pelebur (*crusible*) berbahan abu sekam padi, grafit paduan kaolin adalah sebagai berikut:

- Komposisi bahan kowi pelebur (*crusible*) menurut persentase beratnya, pada penelitian ini akan mengambil 15% air, 30% kaolin, 40% arang sekam padi, dan 15% grafit.
- Pembuatan spesimen uji yaitu pengujian *impact* dengan metode charphy menggunakan standar uji ASTM E-23.
- Menetapkan variasi suhu ΔT untuk menguji pengaruh *thermal shock resistance* bahan pembuat kowi pelebur (*crusible*) maksimal 600 °C.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

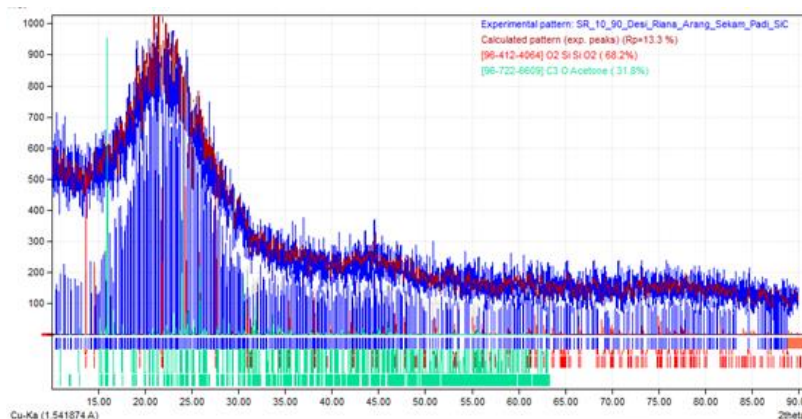
Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang melibatkan dua faktor, yaitu makro struktur dan ketahanan *impact* kowi pelebur (*crusible*) komposit berbahan abu sekam padi/grafit/kaolin. Kedua faktor ini merupakan variabel bebas dan variabel terikatnya adalah *thermal shock resistance* kowi pelebur (*crusible*) komposit berbahan abu sekam padi/grafit/kaolin. Data diperoleh dari beberapa pengujian di antaranya pengujian dengan *X-Ray Diffraction* untuk bahan pembuatan kowi pelebur, uji kekerasan dengan menggunakan mesin uji *impact* dengan metode *charpy* dan uji analisa tekstur pada spesimen uji dengan bahan abu sekam padi, grafit paduan kaolin. Kemudian untuk sifat fisiknya dengan pengujian makro struktur pada spesimen uji.

3.1.1. Pengujian *X-Ray Diffraction*

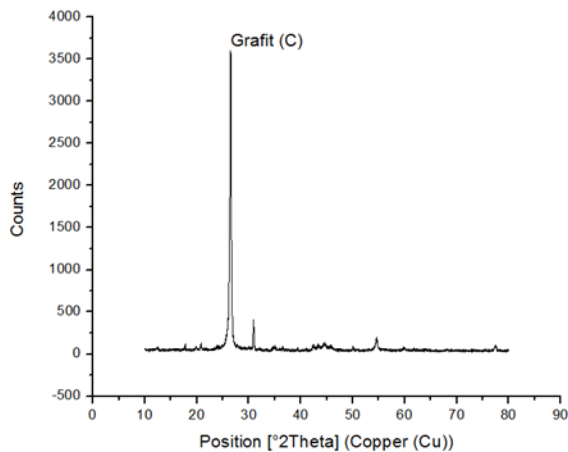
Adapun uji untuk mengetahui senyawa masing-masing bahan dasar penyusun material kowi uji XRD dari abu sekam padi dapat ditampilkan pada Gambar 1.

Dari Gambar 1 hasil uji *X-Ray Diffraction* pada serbuk abu sekam padi menunjukkan bahwa *peak* tertinggi yang muncul merujuk pada fasa SiO_2 . Bentuk *struktire unit cell cubic* dan *crystallite size* 279 nm dengan presentase Zolite (SiO_2) 98,8%.

Adapun uji untuk mengetahui senyawa serbuk grafit dapat ditampilkan pada Gambar 2.



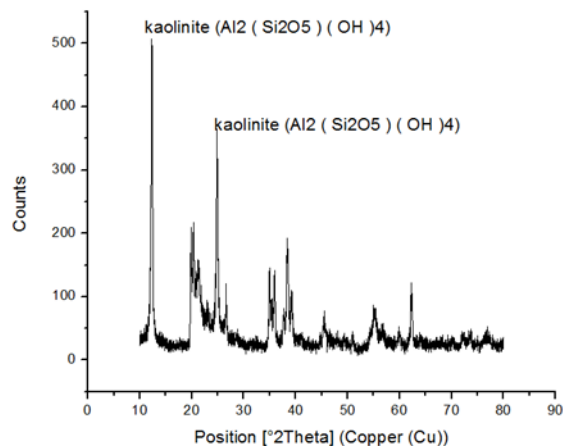
Gambar 1. Grafik hasil XRD abu sekam padi



Gambar 2. Grafik hasil XRD grafit

Dari Gambar 2 hasil uji *X-Ray Diffraction* pada serbuk grafit menunjukkan bahwa peak tertinggi yang muncul merujuk pada fasa C. Bentuk *structure unit cell hexagonal* dan *crystallite size* 4,6 nm menunjukkan bahwa serbuk grafit 100% mengandung senyawa karbon (C), dengan puncak grafik merujuk pada sudut $26,48^\circ$.

Adapun uji untuk mengetahui senyawa dari serbuk kaolin dapat ditampilkan pada Gambar 3.



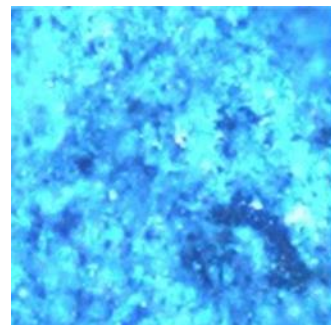
Gambar 3. Grafik hasil XRD kaolin

Dari Gambar 3 dapat diketahui bahwa serbuk kaolin dengan struktur atom yaitu *triclinic structure*. Dalam ilmu kristalisasi itu termasuk jenis struktur atom yang rumit dengan ukuran kristal berskala 2,6 nm. Hal itu menunjukkan bahwa senyawa kaolin ($\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$) mempunyai temperatur leleh, kekerasan dan titik lebur

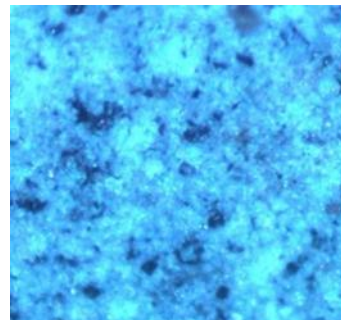
yang tinggi. Karena di dalam *triclinic structure* terdapat beberapa *layer* atau lapisan, di antaranya *layer* SiO_4 berbentuk *tetrahedral* dan *layer* (Al_2O_4) berbentuk *oktrahedral* dengan presentase senyawa *kaolinite* 100%.

3.1.2. Pengujian Makro Struktur

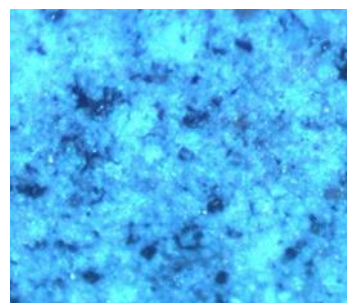
Pengamatan makro struktur dilakukan untuk mengetahui bentuk patahan dari hasil uji *impact charpy*, pengamatan dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik metalurgi, dari hasil tersebut diketahui jenis patahan berdasarkan *thermal shock resistance* dengan suhu 200°C hingga 600°C .



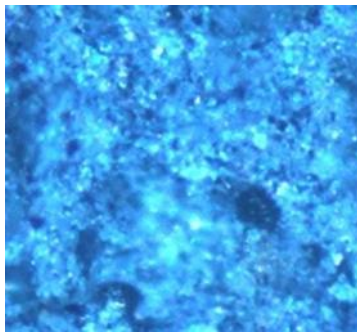
Gambar 4. Hasil makro struktur pada suhu 200°C



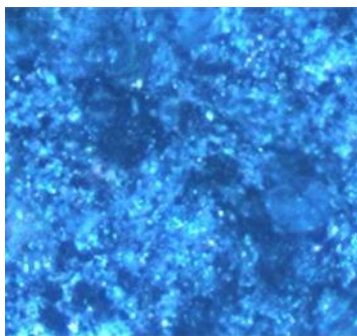
Gambar 5. Hasil makro struktur pada suhu 300°C



Gambar 6. Hasil makro struktur pada suhu 400°C



Gambar 7. Hasil makro struktur pada suhu 500 °C



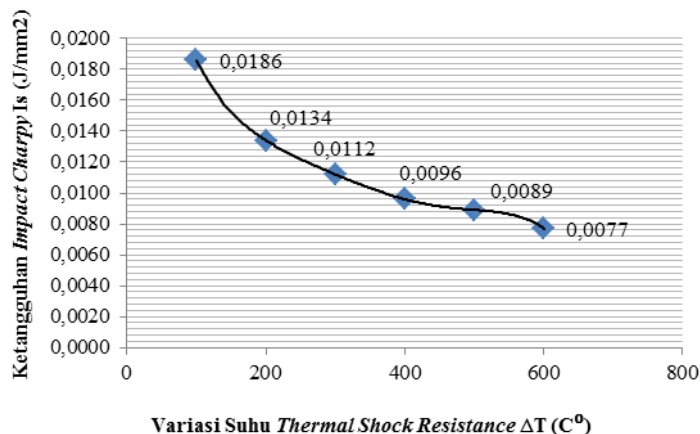
Gambar 8. Hasil makro struktur pada suhu 600 °C

Gambar 4 sampai dengan Gambar 8 secara berurutan menunjukkan perbedaan hasil foto makro struktur pada temperatur 200 °C sampai dengan 600 °C. Dimana kondisi ini material terjadi perpatahan getas yang ditandai dengan ciri pembelahan (*cleavage*) dan permukaan patahan terdapat batas butir yang lebih besar dan halus dengan memantulkan cahaya yang tinggi. Perpatahan getas ini juga dapat terjadi secara memecah butir kristal (*transgranular*) atau sering disebut perpatahan *kristalin* (Akhmad, 2009).

Pada saat perlakuan *thermal shock* suhu 200 °C terlihat butir-butir putih yang lebih mendominasi, dan semakin bertambah suhu pada saat perlakuan *thermal shock resistance* butir-butir berwarna hitam yang mendominasi. Hal itu menunjukkan adanya perbedaan distribusi warna dan ukuran butir hasil patahan. Maka dapat disimpulkan bahwa ketahanan *impact* pada saat suhu *thermal shock resistance* 100 °C tinggi, ketika butiran pada material terlihat kecil. Begitu juga sebaliknya, ketika butiran pada material terlihat lebih besar mempunyai ketahanan *impact* rendah.

3.1.3. Pengujian Ketangguhan *Impact* Dengan Variasi Suhu *Thermal shock resistance*

Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa perubahan suhu pada saat perlakuan *thermal shock resistance* sangat berpengaruh terhadap ketangguhan spesimen uji berbahan arang sekam padi, grafit paduan kaolin. Pada saat kenaikan suhu dari 100 °C ke 200 °C terjadi penurunan ketangguhan *impact* pada spesimen yang cukup drastis. Hal tersebut disebabkan karena spesimen berbahan arang sekam padi, grafit paduan kaolin mempunyai sifat konduktivitas dan koefisien muai *thermal* tinggi, sehingga menyebabkan tegangan *thermal*. Tegangan tersebut menyebabkan terjadinya retakan yang pada akhirnya menjadi patahan getas yang merambat secara merata, sehingga ketangguhan spesimen uji menurun secara drastis.



Gambar 9. Grafik pengaruh *thermal shock resistance* terhadap ketangguhan *impact*

3.2. Pembahasan

Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh *thermal shock resistance* terhadap sifat fisik dan mekanik kowi pelebur berbahan arang sekam padi, grafit paduan kaolin pada aplikasinya nanti digunakan untuk membuat cawan lebur aluminium atau *crusible*. Setelah melaksanakan pengujian makrostruktur, pengujian ketangguhan *impact*, dan pengujian kekerasan analisa tekstur pada spesimen bahan kowi pelebur dengan proses *sintering* pada suhu 1200 °C, dengan variasi suhu pada saat perlakuan *thermal shock resistance* mulai dari suhu 200 °C sampai dengan 600 °C. Maka didapatkan data-data yang dapat dijadikan dasar untuk pembahasan dan untuk menarik kesimpulan.

Data dari hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan struktur makro, nilai ketangguhan dan kekerasan dari spesimen tanpa *thermal shock resistance* dan dengan *thermal shock resistance*. Perbedaan struktur makro, nilai ketangguhan dan kekerasan ini disebabkan oleh siklus *thermal* yang terjadi pada saat proses perlakuan dengan variasi suhu 200 °C sampai 600 °C. Semakin tinggi variasi suhu *thermal shock resistance* maka semakin rendah tingkat ketangguhan *impact* dan kekerasan spesimen. Selisih penurunan nilai ketangguhan terbesar berada pada suhu 200 °C, sedangkan untuk mendapatkan sifat mekanik yang tinggi maka dibutuhkan tingkat porositas bahan yang rendah. Menurut Sofyan, *et.al* (2014), pada umumnya komposit bermatrik keramik merupakan material yang tahan oksidasi dan tahan terhadap suhu yang tinggi, namun memiliki kerapuhan luar biasa, dengan nilai ketangguhan patah yang sangat rendah. Adapun sifat ketangguhan patah bisa diperbaiki dengan mencampur keramik tersebut dengan penguat yang berbentuk partikel, serat atau *whiskers*, *whiskers* pada komposit bermatrik keramik dapat meningkatkan ketangguhan dengan cara

menghambat propagasi retak. Menurut hasil penelitian Rusiyanto (2005) diketahui bahwa *thermal shock resistance* sangat berpengaruh pada kekuatan keramik kaolin. Pada ΔT 300 °C terjadi penurunan kekuatan yang cukup drastis. Hal tersebut disebabkan oleh keramik yang secara umum mempunyai modulus elastisitas tinggi dan koefisien muai tinggi, sehingga menyebabkan tegangan *thermal*. Tegangan *thermal* tersebut menyebabkan terjadinya retakan yang pada akhirnya cacat merata pada semua cacat, sehingga kekuatan keramik akan menurun secara drastis. Sedangkan sifat fisik bahan kowi pelebur dengan pengujian foto makro, terlihat bahwa bentuk permukaan patah yang terjadi setelah pengujian ketangguhan *impact* termasuk jenis perpatahan getas atau disebut dengan *kristalin/granular*, yang dihasilkan oleh mekanisme pembelahan pada butir-butir dari bahan yang rapuh. Ditandai dengan permukaan patahan yang datar yang mampu memberikan daya pantul cahaya yang tinggi.

4. Penutup

4.1. Simpulan

Simpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Fasa senyawa yang terkandung pada bahan komposit abu sekam padi/ grafit/ kaolin berdasarkan pengujian *X-Ray Diffraction* yaitu abu sekam padi dengan kandungan SiO₂ 98,8% kemudian grafit dengan kandungan C 100% dan kaolin dengan kandungan kaolinite Al₂ (Si₂O₅) (OH)₄ 100%.
- 2) Pengaruh variasi suhu *thermal shock resistance* kowi pelebur (*crusible*) berbahan komposit abu sekam padi/ grafit/kaolin terhadap hasil makro struktur terlihat pada butiran warna hitam yang mendominasi pada saat perlakuan *thermal shock* dengan suhu 600 °C mempunyai densitas rendah atau ketahanan *impact* yang kecil, begitu juga sebaliknya.

- 3) Semakin tinggi variasi suhu *thermal shock resistance* kowi pelebur (*crusible*) berbahan komposit abu sekam padi/grafit/kaolin, maka semakin rendah ketangguhan dan kekerasan pada bahan kowi pelebur, begitu juga sebaliknya.

4.2. Saran

- 1) Memperhatikan kompaksi atau tekanan yang diberikan pada proses pembuatan spesimen berbahan komposit abu sekam padi/grafit/kaolin.
- 2) Pada penelitian selanjutnya diharapkan untuk bisa menggunakan pengujian mikro struktur atau menggunakan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*) agar mendapatkan hasil yang lebih valid.
- 3) Hendaknya lebih diperhatikan tentang persiapan uji spesimen, seperti pada saat tahap poles sehingga akan memberikan foto makro struktur yang lebih jelas.
- 4) Pembuatan cetakan spesimen dengan sistem hidrolik sehingga spesimen bisa mempunyai ukuran yang seragam.

5. Daftar Pustaka

- Akhmad, H. W. 2009. Buku Panduan Praktikum Karakterisasi Material 1 Pengujian Merusak. Departemen Metalurgi dan Material Fakultas Teknik UI, Jakarta.
- Barsoum, M., and M.W. Barsoum. 2002. *Fundamentals of Ceramics*. CRC Press.
- Houston, D.F., 1972. *Rice Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemist, Inc. Minnesota.
- Kirk, R.E., and Othmer, 1967. *Encyclopedia of Chemical Engineering Technology*, Third Edition, Vol 18, John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Mittal. D., 1997. Silica from Ash: A Valuable Product from Waste Material. *Resonance*. Vol. 2(7), hal. 64-66.

Polman. 2012. *Panduan Praktikum Peleburan 1*. Klaten: Politeknik Manufaktur Ceper.

Rusiyanto. 2005. *Thermal shock resistance* pada Keramik Kaolin. Tesis. Program Pasca Sarjana Universitas Gajah Mada.

Sembiring, S. dan P. Karo-Karo. 2007. Pengaruh Suhu *Sintering* Terhadap Karakteristik *Thermal* Dan Mikrostruktur Silika Sekam Padi. *Jurnal J. Sains MIPA* 13(3): 233 – 239.

Sengupta, R., M. Bhattacharya, S. Bandyopadhyay, and A. K. Bhowmick. 2011. A review on the mechanical and electrical properties of graphite and modified graphite reinforced polymer composites. *Prog. Polym. Sci.* vol. 36, no.5, 638–670.

Siagian, H., dan M. Hutabalian. 2012. Studi Pembuatan Keramik Berpori Berbasis Clay dan Kaolin Alam dengan Aditif Abu Sekam Padi *Jurnal Saintika*. 12(1): 14-23.

Sofyan, S. E., Riniarti, M. dan Duryat. 2014. Pemanfaatan Limbah Teh, Sekam Padi, dan Arang Sekam Padi sebagai Media Tumbuh Bibit Trembesi (*Samaea Saman*). *Jurnal Sylva Lestari*. 2:61-70.