

# PENGARUH *PRESSURELESES SINTERING* KOMPOSIT AL-KAOLIN TERHADAP DENSITAS, KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO

Sigit Budihartono<sup>1</sup>

## Abstrak

Aluminium serbuk sebagai matrik dan kaolin sebagai penguat dikenal sebagai bahan komposit matrik logam (MMC), yang dapat diproduksi dengan teknik metalurgi serbuk. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh tekanan kompaksi dan variasi suhu *sinter* komposit Al-Kaolin terhadap kekerasan, densitas, dan struktur mikro. Dalam penelitian ini komposit Al-kaolin dengan variasi penambahan unsur penguat sebesar 0, 5, 10 dan 15 % kaolin. Pembentukan *green body* dengan tekanan kompaksi 550 MPa, dan proses *sinter* pada suhu 500°C, 525°C, 550°C selama 2 jam. Pengujian meliputi uji densitas, kekerasan dan pengamatan setruktur mikro. Hasil penelitian menunjukkan kenaikan densitas optimum dicapai pada komposisi kaolin 5% sebesar 2,7362 gr/cm<sup>3</sup> dan kekerasan tertinggi pada komposisi 15% kaolin VHN<sub>rata-rata</sub> 54 kg/mm<sup>2</sup> pada suhu *sinter* 550°C. Tingkat porositas paling rendah berdasarkan foto struktur mikro didapat pada Al murni (0% kaolin).

Kata kunci: Metalurgi serbuk, Komposit Al-kaolin, Kompaksi, *Sintering*.

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah negara dengan kekayaan alam yang cukup dapat dibanggakan. Salah satunya adalah terdapat banyak kandungan mineral, seperti kaolin dan Aluminium. Mineral merupakan salah satu bahan baku yang sangat penting khususnya dalam bidang industri.

Potensi kandungan dan cadangan kaolin di Indonesia sangat banyak, seperti di daerah Bangka Belitung, Jawa (Karah, Tumpakrejo, dan Jelok), sedangkan di Maluku Utara terdapat di bukit Gumena. Perkembangan produksi kaolin di Indonesia meningkat sebesar 11,9% per tahun, industri yang paling banyak menggunakannya adalah keramik, semen, serat gelas, batu tahan api (*firebricks*), material tahan api (*refractories*) dan lain-lain (Suseno dkk, 1999). Penggunaan Kaolin sebagai material teknik di Indonesia belum dapat dioptimalkan dan masih sedikit penelitian yang dilakukan dibidang keramik maju (*advances ceramic*).

Aluminium di Indonesia mulai dihasilkan tahun 1982 walaupun dalam jumlah kecil. Industri bahan baku Aluminium di Indonesia sebenarnya sudah dimulai sejak masa sebelum perang, yaitu dengan adanya *eksport* bauksit dari Pulau Bintan, yang hingga kini sudah

---

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta

mencapai kapasitas sekitar 1,2 juta ton per tahun. Pada saat ini peranan bauksit semakin besar, karena sudah berdiri dan sudah mulai beroperasi Pabrik peleburan Aluminium (*Smelter*) di Asahan. Pabrik yang berkapasitas 225.000 ton per tahun tersebut adalah yang terbesar saat ini dikawasan Asia dan Australia, dan bahkan untuk ukuran Internasional diketahui hanya ada beberapa buah smelter di Amerika, Kanada dan di Eropa yang lebih besar kapasitasnya, dengan kehadiran pabrik tersebut dirasakan sangat penting untuk mengamati lebih cermat keadaan industri Aluminium ditingkat yang lebih luas sambil mempersiapkan dan mempertumbuhkan industri dalam Negeri.

Komposit atau bahan komposit berarti terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda digabung atau dicampur secara *makroskopis*. Keunggulan bahan komposit adalah sifat-sifatnya yang unggul seperti ringan, kuat, kaku, serta tahan terhadap korosi beban lelah, dengan alasan ini bahan tersebut semakin banyak digunakan di dunia Industri.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh tekanan kompaksi dan temperatur *sinter* komposit Al-Kaolin terhadap kekerasan, densitas, dan struktur mikro.

#### LANDASAN TEORI

**Wang (2004)** telah melakukan penelitian komposit Al/TiO<sub>2</sub> (20 dan 25% volume) dengan metode metalurgi serbuk. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa terjadi reaksi Alumina sebagai penguat komposit matrik Al berasal dari Al/TiO<sub>2</sub>. Sifat fisik dan sifat mekanis dari bahan komposit sangat dipengaruhi oleh jumlah unsur-unsur penyusunnya (**Gibson (1994)**).

**Mayoshi dan Yasuo (2000)** tentang tempaan yang panas dari keramik *mullite-based* disiapkan dari kaolin-alumina, adalah tanah liat untuk porselin yang pertama adalah dikeringkan dengan pemanasan pada suatu temperatur 1000°C, untuk 2 jam, curah kepadatan dan membuka merembes menyangkut suatu spesimen A 47 adalah 2,73 g/cm<sup>3</sup> dan 0,36% berturut-turut.

**Toto dan Lilik (2005)** pengaruh kadar TiO<sub>2</sub> terhadap kekuatan bending komposit serbuk Al/TiO<sub>2</sub> pembentukan *green body* dengan tekanan kompaksi 400 dan 500 MPa, dan proses *sinter* pada suhu 550°C selama 2 jam. Pengujian meliputi pengujian kekerasan dengan menggunakan uji kekerasan *Brinell*, pengamatan struktur mikro menggunakan SEM dan mikroskop optik. Hasil penelitian menunjukkan kekerasan meningkat dengan meningkatnya tekanan kompaksi. Komposisi optimum dicapai pada komposisi Al/TiO<sub>2</sub> 4% berat dan kekerasan 42 BHN pada pembentukan dengan tekanan kompaksi 500 MPa.

## **Metalurgi Serbuk**

Metalurgi serbuk adalah sebuah kegiatan yang mencakup pembuatan benda komersial dari serbuk logam melalui penekanan. Proses ini dapat disertai pemanasan, akan tetapi suhu harus berada di bawah titik cair serbuk. Pemanasan selama proses penekanan atau sesudah penekanan yang dikenal dengan istilah *sinter* menghasilkan pengikatan partikel halus, dengan demikian kekuatan dan sifat-sifat fisis lainnya meningkat.

Produk hasil metalurgi serbuk dapat terdiri dari produk campuran serbuk berbagai logam atau dapat pula terdiri dari campuran bahan baku bukan logam untuk meningkatkan ikatan partikel dan mutu benda jadi secara keseluruhan, misalnya kobalt atau jenis logam lainnya diperlukan untuk mengikat partikel *tungsten*, sedang grafit ditambahkan pada serbuk logam bantalan untuk meningkatkan kualitas bantalan.

## **Cara Pembuatan Serbuk**

Meskipun semua logam secara teoritis dapat dibuat menjadi serbuk, tetapi ada beberapa jenis logam yang dimanfaatkan untuk pembuatan benda langsung jadi, karena lebih ekonomis. Beberapa jenis logam yang sering digunakan langsung jadi adalah kelompok besi dan tembaga. Bahan yang banyak digunakan dalam metalurgi serbuk adalah nikel, perak, wolfram, dan aluminium.

Pembuatan serbuk dapat dilakukan dengan beberapa cara namun secara modern yang digunakan adalah *atomisasi* atau penyemprotan logam, merupakan suatu cara yang baik untuk membuat serbuk dari logam suhu rendah seperti timah hitam, aluminium, seng, dan timah putih.

## **Serbuk Paduan**

Serbuk yang dihasilkan dari logam murni memiliki sifat yang berbeda dengan serbuk paduan. Serbuk paduan yang dipadu selama proses pencairan, menghasilkan produk dengan sifat yang hampir sama dengan paduan padat, hal ini memungkinkan dihasilkannya paduan seperti baja tahan karat, yang sebelumnya tidak mungkin dibentuk melalui pencampuran. Kelebihan serbuk logam pencampuran mempunyai sifat-sifat seperti daya tahan korosi, kekuatan tinggi atau daya tahan terhadap suhu tinggi.

## **Penekanan (*Pressing*)**

Serbuk ditekan kedalam cetakan (*die*) baja dengan tekanan sebesar 20 MPa sampai 1400 MPa, karena partikel yang lunak dapat ditekan dengan mudah, serbuk yang bersifat

plastik tidak memerlukan tekanan yang tinggi, sedang untuk serbuk yang lebih keras untuk mencapai massa jenis yang memadai diperlukan tekanan yang lebih besar.

Massa jenis dan kekerasan meningkat dengan meningkatnya tekanan, akan tetapi selalu ada tekanan optimum, untuk tekanan yang lebih tinggi diperlukan cetakan yang kuat dan mesin tekan (*press*) berkapasitas tinggi, oleh karena itu dengan sendirinya ongkos produksi naik dengan meningkatnya tekanan.

Umumnya mesin tekan yang dikembangkan untuk proses lain dapat dimanfaatkan pula untuk metalurgi serbuk. Meskipun *press mekanik* banyak digunakan karena laju produksinya yang tinggi, *press hidrolis* digunakan bila benda besar dan bila diperlukan tekanan yang tinggi. *Press “punch “* tunggal dan *press “multi punch rotary”* berkecepatan tinggi, mulai dari pengisian cetakan dengan serbuk, pengeluaran benda jadi, berlangsung secara kontinu dan bertahap.

### ***Sinter***

Pemanasan kompaksi mentah sampai suhu tinggi disebut *sinter*. Pada proses *sinter*, benda padat terjadi karena terbentuk ikatan-ikatan. Panas menyebabkan bersatunya partikel dan efektivitas reaksi dengan permukaan meningkat, dengan perkataan lain proses *sinter* menyebabkan bersatunya partikel sedemikian rupa sehingga kepadatan bertambah. Selama proses ini terbentuklah batas-batas butir, yang merupakan tahap permulaan rekristalisasi, di samping itu gas yang ada akan menguap. Suhu *sinter* umumnya berada di bawah titik cair unsur utama. Gambaran mekanisme *sinter* pada serbuk logam bisa dilihat dengan *mikroskop scanning electron*. Titik kontak tumbuh karena difusi atom-atom dan menghasilkan penyusutan yang diiringi pengurangan porositas.

Proses *sinter* serbuk logam pada umumnya dapat digunakan dapur komersial, namun beberapa jenis logam tertentu memerlukan dapur-dapur khusus. Waktu pemanasan berbeda untuk jenis logam yang berlainan dan tidak diperoleh manfaat tambahan dengan diperpanjangnya waktu pemanasan (*sinter*). Lingkungan sangat berpengaruh karena benda mentah terdiri dari partikel yang kecil yang mempunyai daerah permukaan yang luas, oleh karena itu lingkungan harus terdiri dari gas reduksi atau nitrogen untuk mencegah terbentuknya lapisan oksida pada permukaan selama proses pemanasan.

Ada dua jenis dapur yang dipakai, dapur satuan (*batch type furnace*) dan dapur kontinu. Selama proses *sinter* terjadi perubahan dimensi baik berupa pengembangan maupun penyusutan tergantung pada bentuk dan distribusi ukuran partikel serbuk, komposisi serbuk,

prosedur *sinter* dan tekanan pemampatan. Ukuran yang tepat diperoleh berdasarkan perhitungan perubahan ukuran pada waktu pembuatan kompak mentah dan proses *sinter*.

### Komposit

Komposit merupakan gabungan dua atau lebih bahan yang berbeda dicampur secara *makroskopis*. Keunggulan komposit yaitu sifat-sifatnya yang unggul seperti ringan, kuat, kaku, dan tahan terhadap korosi beban lelah, dengan alasan ini bahan tersebut semakin banyak digunakan di dunia industri, seperti beton bertulang merupakan komposit yang terdiri dari besi beton dalam matrik beton, contoh lain adalah plastik yang diperkuat serat-gelas, baja berlapis gelas dan aluminium berlapis milar (Vlack, 1991).

### Kaolin

Berdasarkan pusat penelitian dan pengembangan teknologi mineral dan batubara tahun 2005, yang dipelihara dan didesain oleh kelompok program teknologi informasi pertambangan kaolin merupakan massa batuan yang tersusun dari material lempung dengan kandungan besi yang rendah, dan umumnya berwarna putih atau agak keputihan kaolin mempunyai komposisi *hidrous Alumunium silikat* ( $2\text{H}_2\text{O}, \text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{SiO}_2$ ), dengan disertai mineral peserta. Proses pembentukan kaolin (kaolinisasi) dapat terjadi melalui proses pelapukan dan proses hidrotermal alterasi pada batuan beku *felspestrik*. Endapan kaolin ada dua macam yaitu endapan residual dan sedimentasi. Komposisi kimia dari kaolin:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  yang mempunyai sifat warna putih sampai agak keputih-putihan. Mineral yang termasuk dalam kelompok kaolin adalah kaolonit, nakrit, dikrit dan halloysit ( $\text{Al}_2(\text{OH})_4\text{SiO}_5 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), yang mempunyai kandungan air lebih besar dan umumnya membentuk endapan tersendiri. Sifat-sifat mineral kaolin antara lain yaitu kekerasan 2-2,5, berat jenis 2,6-2,63, plastis, mempunyai daya hantar panas dan listrik yang rendah, serta pH bervariasi.

Potensi dan cadangan yang besar di Indonesia terdapat di Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, dan Pulau Bangka dan Belitung, serta potensi lainnya tersebar di Pulau Sumatera, Pulau Jawa, dan Sulawesi Utara. di Kecamatan Dampit, Ampelgading, Bantur, Pagak dan Kalipare. Kaolin ini mempunyai cadangan yang diperkirakan ada jutaan ton.

### Alumunium

Aluminium ditemukan oleh Sir Humphrey Davy pada tahun 1809 sebagai suatu unsur, dan pertama kali direduksi sebagai logam oleh H. C. Oersted tahun 1825 secara industri tahun 1886, Paul Heroult di Perancis dan C. M. Hall di Amerika Serikat secara terpisah telah

memperoleh logam aluminium dari alumina dengan cara elektrolisa dari garamnya yang terfusi, sampai sekarang proses Herolut Hall masih dipakai untuk memproduksi aluminium. Penggunaan logam sebagai logam setiap tahunnya adalah pada urutan kedua setelah besi dan baja, yang tertinggi diantara logam non *ferro*. Produksi aluminium tahunan di dunia mencapai 15 juta ton pertahun pada tahun 1981.

Aluminium didapat dalam keadaan cair dengan elektrolisa, umumnya mencapai kemurnian 99,85%, dengan mengelektrolisa kembali dapat dicapai kemurnian mencapai 99,99%, yaitu dicapai bahan dengan angka sembilanya empat. Aluminium merupakan logam ringan mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam sebagai tambahan terhadap, kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn dan Ni, secara satu persatu atau bersama-sama, memberikan sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah. Material ini dipergunakan di dalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi dipakai juga untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut dan kontruksi. (Surdia, 2005)

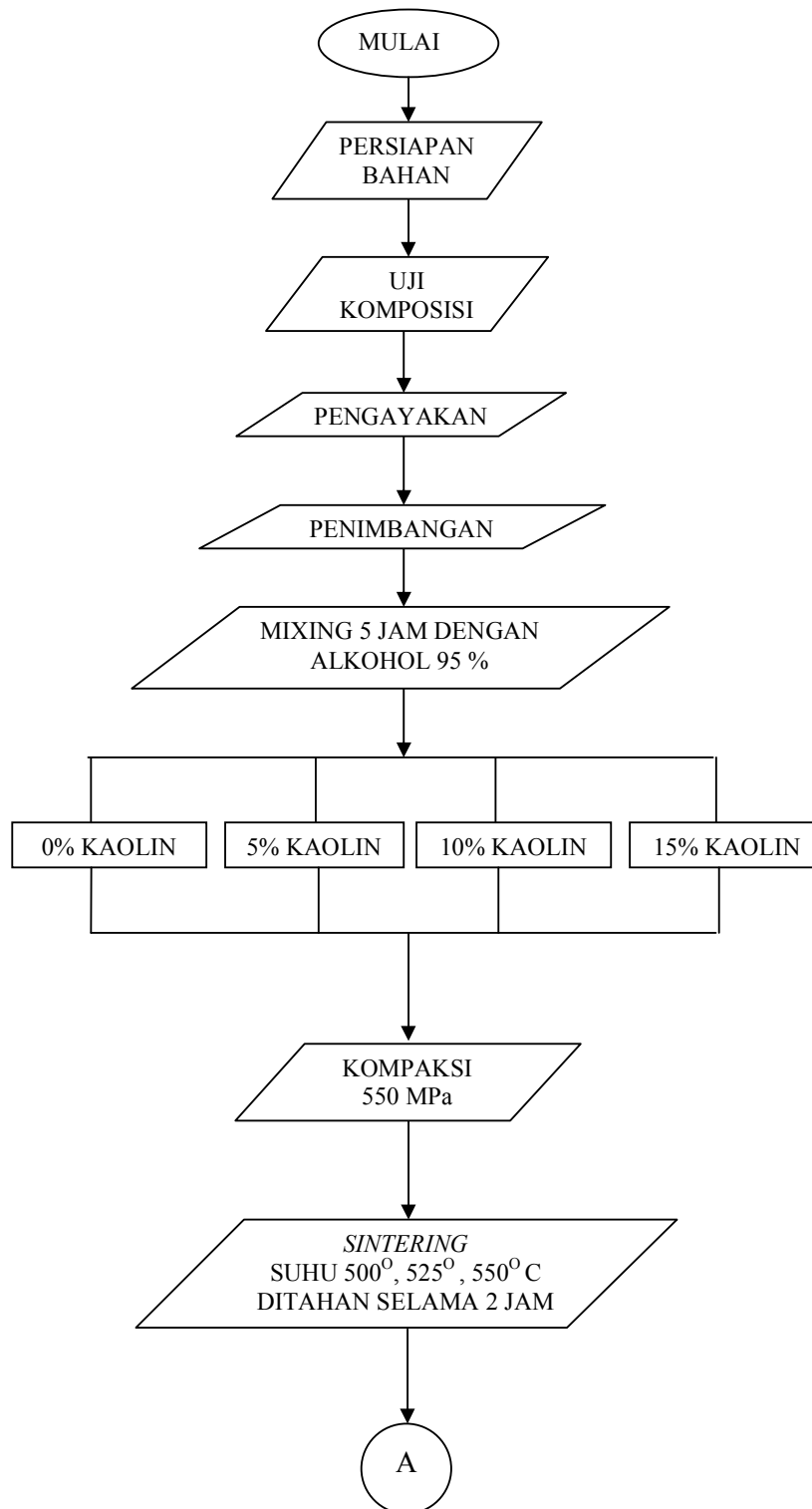
## METODEOLOGI PENELITIAN

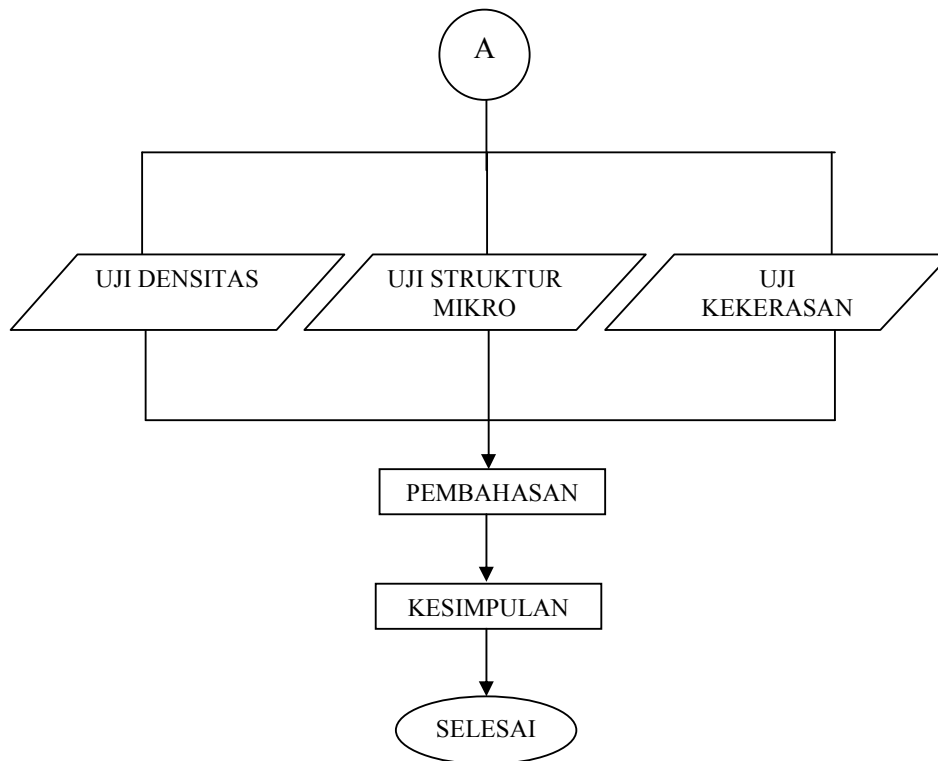
### **Bahan Penelitian**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa:

1. Piston bekas 2 kg dibuat serbuk 50 *mesh*
2. Serbuk kaolin 325 *mesh*
3. Bahan pendukung lain seperti:
  - Amplas berukuran 800, 1000, 1500, 2000 *mesh*.
  - Air, Alkohol 95%
  - *Ballmil*
  - Kotak dan plastik serbuk
  - Benang

### Diagram Alir Proses Penelitian





### Peralatan Penelitian

Peralatan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Tungku, kompor dan kompresor milik Teknik Mesin UII.
2. Atomisasi milik Teknik Mesin UII.
3. *Spectrometer emisi* (alat uji komposisi) tipe E 2000 / Fe 20, milik laboratorium POLMAN Ceper, Klaten, Jawa tengah.
4. Cetakan (*die*) milik Teknik Mesin D3 UGM.
5. Ayakan merek *OCTAGON* milik Teknik Kimia S1 UGM.
6. Timbangan Digital *balance* GM-300P milik Teknik Mesin D3 UGM.
7. *Mixing* dengan merek *Stuart Scientific*, buatan Amerika punya Teknik Mesin S1 UGM.
8. Kompaksi buatan Jerman, dengan merek *TARNOGROCKI* milik Teknik Mesin D3 UGM.
9. Pemanasan (*Sinter*) dengan menggunakan alat merek *CARBOLITA*, buatan Inggris milik Teknik Mesin D3 UGM.
10. Densitas menggunakan alat Teknik Mesin D3 UGM Digital *balance* GM-300P.



11. Kekerasan (*hardness tester*) milik D3 UGM Teknik Mesin, merek *Weinheim-Birkenau/Karl Frank GMBH*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Uji Komposisi

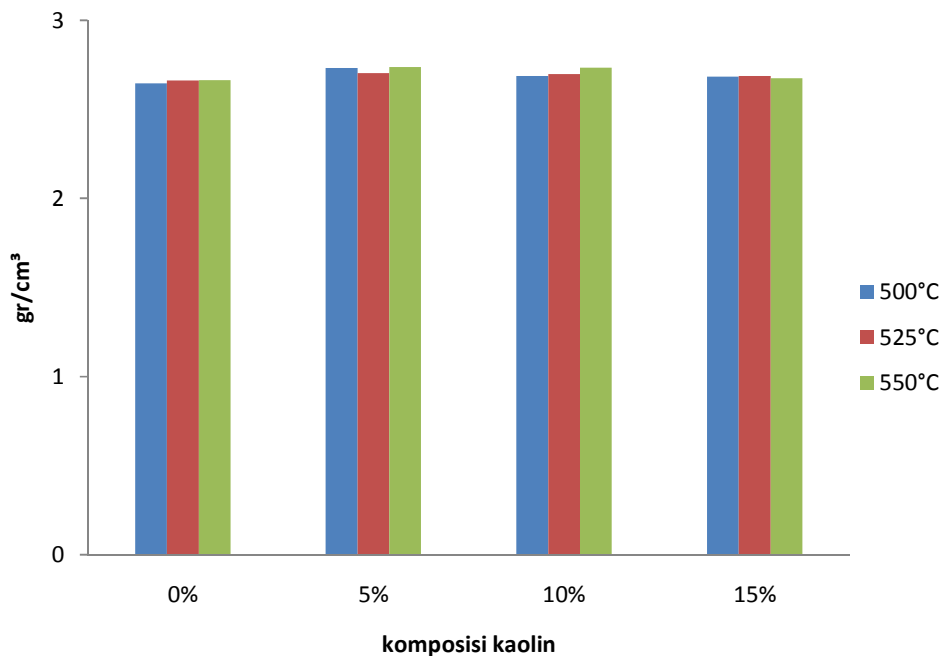
Hasil uji komposisi menunjukkan bahwa komposisi piston didominasi oleh kandungan Al (Aluminium) 77,38% dan Si (Silikon) 19,1%. Paduan Al-Si sangat baik kecairannya, mempunyai permukaan bagus tanpa getasan panas, koefisien pemuaian kecil dan penghantar panas yang baik. Paduan yang terkandung lainnya adalah Ni 1,04%, Mg 1,00%, dan Cu 0,741% ketiga unsur tersebut meningkatkan kekerasan pada saat panas. (Surdia, 2005)

### Uji Densitas

Hasil pengujian densitas menunjukkan bahwa dengan bertambahnya prosentase kandungan kaolin akan meningkatkan densitas (Gambar 1 dan Tabel 1). Penyebab terjadinya peningkatan densitas karena dipengaruhi jumlah fraksi volume unsur penyusunnya yaitu dengan massa jenis Al = 2,7 gr/cm<sup>3</sup> sedangkan massa jenis TiO<sub>2</sub> = 4,27 gr/cm<sup>3</sup> dan juga karena tekanan 550 MPa merupakan tekanan diatas tekanan 500 MPa (Toto dan Lilik, 2005) yang mempengaruhi kepadatan dari benda uji, atau dengan kata lain densitasnya meningkat. Peningkatan tersebut disebabkan oleh sifat logam Al sebagai matrik yang bersifat ulet dan memiliki sifat plastis, dengan adanya sifat plastis tersebut apabila ada beban yang bekerja pada bahan tersebut maka bahan akan berubah bentuk. Perubahan bentuk dikarenakan tekanan yang mendorong serbuk-serbuk mengisi ruang kosong di dalam cetakan.

**Tabel 1. Hasil Rata-Rata Uji Densitas**

Variasi	500°C	525°C	550°C
0% kaolin	2,6455 gr/cm <sup>3</sup>	2,6631 gr/cm <sup>3</sup>	2,6639 gr/cm <sup>3</sup>
5% kaolin	2,7322 gr/cm <sup>3</sup>	2,7034 gr/cm <sup>3</sup>	2,7362 gr/cm <sup>3</sup>
10% kaolin	2,6884 gr/cm <sup>3</sup>	2,6979 gr/cm <sup>3</sup>	2,7339 gr/cm <sup>3</sup>
15% kaolin	2,6836 gr/cm <sup>3</sup>	2,6884 gr/cm <sup>3</sup>	2,6745 gr/cm <sup>3</sup>



Gambar 1. Hasil Pengujian Densitas

Hal lain yang juga dapat mempengaruhi densitas yaitu kadar perekat *binder* pada saat pencampuran menggunakan alkohol 95% harus sesuai, sehingga kondisi serbuk Al-kaolin pada saat dikompaksi untuk pembuatan *green body* tidak kering. Hal tersebut dapat mempengaruhi proses pemampatan yang berpengaruh terhadap tingkat porositas dari *green body*. Porositas menentukan tinggi rendahnya densitas dari spesimen.

Besar butir dari serbuk juga dapat mempengaruhi densitas. Perbandingan besar butir dari Al berbanding kaolin sebaiknya kecil untuk memudahkan proses kompaksi berjalan dengan baik, makin besar perbedaan ukuran besar butir Al-kaolin, proses pemampatan pada saat kompaksi akan semakin sulit, hal ini disebabkan Al yang bersifat ulet tidak dapat menyatu secara optimal.

Pembuatan serbuk Al yang dilakukan adalah dengan *atomisasi* kemudian diayak. Hasil yang diperoleh dari proses pengayakan adalah 50 *mesh*, semakin kecil besar butir dari serbuk semakin baik.

Proses pemanasan (*sinter*) juga dapat mempengaruhi densitas dari spesimen, karena perbedaan suhu lebur dari kaolin yang lebih besar dari Al, dimana suhu lebur kaolin 1857°C, sedangkan suhu lebur dari aluminium 660°C, sehingga pada saat proses pemanasan pada suhu 500°C, 525°C, 550°C kaolin belum *sinter*. Al yang sudah *sinter* tidak menyatu secara

merata dengan kaolin karena titik lebur dari kaolin yang sangat besar menyebabkan tidak terjadinya *sinter* antar serbuk secara maksimal pada saat proses pemanasan. Pemanasan *sinter* yang ideal untuk Al yaitu 2/3 dari titik lebur aluminium 660°C.

Hasil dari pengaruh pada ketiga variasi suhu *sintering* diperoleh pada pencampuran kaolin 5% yang mengalami persamaan peningkatan densitas, diikuti dengan penurunan densitas pada penambahan 10% kaolin dan 15% kaolin variasi suhu 500°C dan 525°C disebabkan pada penambahan kaolin dan variasi suhu tersebut belum terjadi pertumbuhan titik kontak karena difusi atom-atom secara langsung tidak terjadi penyusutan porositas. Perbedaan kembali terjadi pada penambahan 10% kaolin suhu 550°C yang mengalami kenaikan densitas yang disebabkan pada penambahan kaolin dan suhu tersebut telah terjadi pertumbuhan titik kontak karena difusi atom-atom dan terjadi penyusutan porositas. Selanjutnya terjadi penurunan densitas kembali pada penambahan 15% kaolin suhu 550°C yang disebabkan pada penambahan kaolin dan suhu tersebut belum terjadi pertumbuhan titik kontak karena difusi atom-atom dan belum terjadi penyusutan porositas.

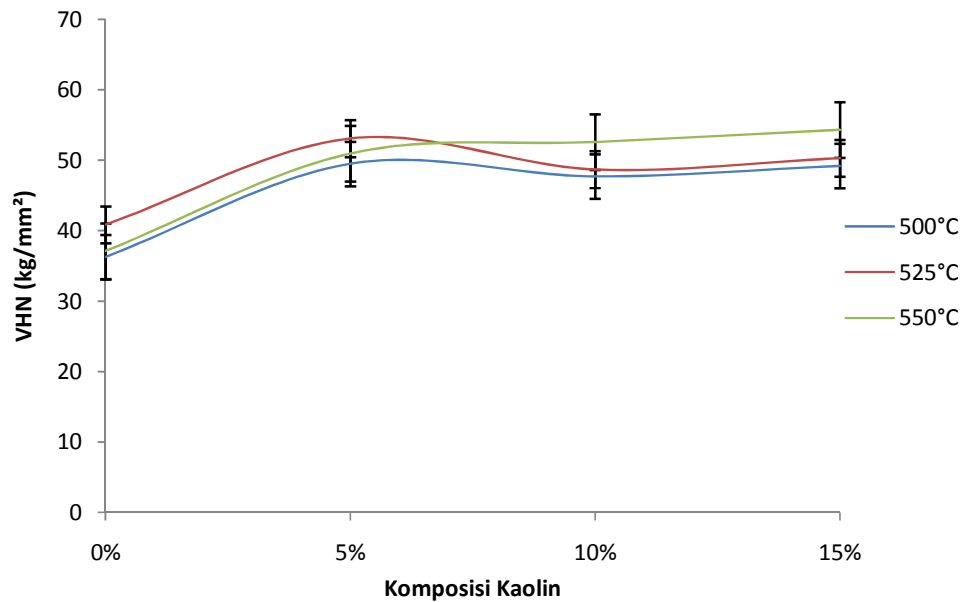
Perbedaan densitas antar variasi sangat kecil yaitu didapat selisih terbesar 0,09 gr/cm<sup>3</sup> ini menunjukkan bahwa pada tekanan 550 MPa kepadatan pada spesimen cukup baik, dan jika ada porositas antar spesimen perbedaannya sangat kecil yaitu 4% dari besar densitas spesimen.

### Uji Kekerasan

Grafik Uji kekerasan *Vickers* menunjukkan dengan tekanan kompaksi 550 MPa didapat kekerasan VHN rata-rata adalah 47,55 Kg/mm<sup>2</sup> melebihi hasil kekerasan pengujian (**Toto dan Lilik, 2005**) dengan hasil kekerasan 42 BHN pada pembentukan dengan tekanan kompaksi 500 MPa (Gambar 2). Ini menunjukkan bahwa semakin besar tekanan kompaksi akan meningkatkan kekerasan spesimen. Pengaruh tekanan pada saat kompaksi akan menyebabkan partikel Al mengalami deformasi plastis, karena sifat logam Al yang ulet, sehingga dengan adanya deformasi plastis yang besar maka Al akan mendorong celah antar partikel menjadi lebih kecil sehingga porositas yang ada di *green body* pun akan semakin menyusut, semakin kecil porositas maka densitas dari spesimen akan meningkat, dengan meningkatnya densitas maka akan meningkatkan kekerasan.

Peningkatan kekerasan dapat juga dipengaruhi oleh adanya pengerasan regangan dari partikel Al. Jika bahan dideformasi pada temperatur rendah (relatif terhadap titik cairnya), maka pengerasan terjadi mengikuti deformasinya. Gejala ini dinamakan pengerasan regangan atau pengerasan kerja, meningkatnya deformasi akan meningkatkan kekuatan dari spesimen

tersebut. Penurunan kekerasan karena sifat serbuk kaolin yang mengalami aglomerasi, sehingga tidak dapat tercampur sempurna secara homogen dengan serbuk matrik Al, sehingga kontak antara serbuk kaolin tidak akan meningkatkan kekuatan terhadap komposit, menurunnya densitas spesimen menunjukkan pula jumlah porositas bertambah, kekerasan juga akan menurun.



Gambar 2. Grafik Uji kekerasan *Vickers*

Penambahan temperatur *sintering* menunjukkan adanya peningkatan kekerasan, seiring dengan penambahan % kaolin akan tetapi penambahan kaolin yang terlalu banyak akan meningkatkan porositas yang mengakibatkan penurunan kekerasan. Uji kekerasan diperoleh peningkatan kekerasan secara konstan terjadi pada variasi penambahan kaolin 5 %. Peningkatan ini juga tidak jauh beda dengan (Toto dan Lilik, 2005) komposisi optimum dicapai pada komposisi 4% kaolin. Kekerasan tertinggi terjadi pada penambahan 15% kaolin pada suhu *sinter* 550°C dengan hasil kekerasan 54,33 Kg/mm<sup>2</sup>.

## KESIMPULAN

1. Penambahan persentase kaolin terlalu banyak akan terjadi penurunan densitas jika tidak diikuti dengan penambahan suhu *sintering* dikarenakan ikatan antara Al-kaolin tidak maksimal sehingga mengalami kesulitan dalam penyusutan porositas, yang mengakibatkan kekerasan berkurang.

2. Kekerasan maksimal spesimen didapat pada penambahan 15% berat kaolin, suhu *sinter* 550°C, untuk VHN <sub>rata-rata</sub> sebesar 54 kg/mm<sup>2</sup> ini disebabkan penambahan kaolin yang merupakan serbuk keras dengan titik lebur 1857 °C. (Al= 660 °C)
3. Tingkat porositas paling rendah berdasarkan foto struktur mikro dari spesimen didapat pada Al (raw material), sedang porositas tertinggi (terbesar) didapat pada spesimen dengan penambahan 15% kaolin, karena Al yang bersifat ulet mengalami deformasi plastis sedangkan partikel keras (kaolin) hanya mengalami deformasi elastis menyebabkan celah (rongga) pada spesimen saat pembentukan *green body* pada proses kompaksi tidak dapat mengisi celah-celah (rongga) secara maksimal.

## SARAN

Penelitian tentang metalurgi serbuk sangat dibutuhkan untuk industri karena berbagai keunggulannya. Penelitian proses metalurgi serbuk ini belum mencapai hasil yang optimal, sehingga masih memerlukan pengembangan lebih lanjut antara lain :

1. Porositas pada tekanan 550 MPa perlu ditingkatkan lagi, dan variasi suhu yang mendekati titik cair akan ada kemungkinan terjadi pertumbuhan titik kontak karena difusi atom-atom yang lebih baik
2. Ketelitian sangat penting pada saat penelitian mulai dari proses pembuatan serbuk, pencampuran, kompaksi, sampai pemanasan, sehingga didapatkan hasil yang optimal.

## REFERENSI

- Dieter, G. E., terj. Sriati djaprie, 1986 , *Metalurgi Mekanik*, Jilid 1, Edisi Ketiga, Erlangga, Jakarta.
- Giancoli, Douglass C. 2001, *Fisika*, Jilid I, Edisi kelima, Erlangga, Jakarta.
- Schonmetz, A., karl gruber, 1977, *Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam*, Penerbit Angkasa, Bandung.
- Smallman, R.E., 2000, *Metalurgi Fisik Modern*, edisi keempat, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Tata Surdia, Saito. S., 2005, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan Keenam, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Toto Rusianto dan Lilik Dwi Setyana 2005, *Pengaruh Kadar Kaolin terhadap kekuatan Bending Kompaksi Serbuk Al-Kaolin*.
- Vanvlack, L.H., terj. Sriati Djaprie, 1991, “*Ilmu dan Teknologi Bahan*”, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.

Wang Deqing 2000, "*In-situ Process of Aluminum-Alumina Composites in Al/TiO<sub>2</sub> systems*"  
*Journal of Advanced Materials.*

PENULIS:

SIGIT BUDIHARTONO

Email: [slg1t.budi@yahoo.co.id](mailto:slg1t.budi@yahoo.co.id)

Jurusan Teknik Mesin

Sekolah Tinggi teknologi Nasional Yogyakarta