

## PENGARUH DIAMETER *NOZZLE* TERHADAP HASIL SERBUK DARI LIMBAH ALUMINIUM MELALUI METODE ATOMISASI AIR

**Hamzah M.S, Alimuddin, Sutara**

Jurusan Teknik Mesin Universitas Tadulako  
Email: muh.sadathamzah\_untad@yahoo.co.id

**Abstract: The effect of the nozzle diameter on the powder results from aluminum waste through the method of water atomization.** Powder metallurgy is a method of making objects that use metal powder as a base material. The process in powder metallurgy technology consists of powder forming, compacting, sintering and finishing. One method in the manufacture of metal powders by water atomization method

In this research the powder is made by using the atomization method of water. The working principle of this atomization device is the aluminum waste that has been liquefied through the nozzle located at the top, with the variation of nozzle diameter 5, 6 and 7 mm then sprayed with water with pressure 25 kg / Cm<sup>2</sup> and water sprayer angle 60°. Then the aluminum liquid will decompose into powder grains of powder.

The results of this study indicate that the diameter of the nozzle affects the yield of powder production by water atomization method. Result of research with diameter 5 mm yield 41,7% powder, diameter 6 mm yield powder 25% and diameter 7 mm produce powder%. Optimum aluminum powder results are generated at 5 mm diameter. The powder form of water atomization process is mostly irregular, acicular and flake.

**Keywords:** aluminum, waste, powder metallurgy, nozzle diameter.

**Abstrak: Pengaruh diameter *nozzle* terhadap hasil serbuk dari limbah aluminium melalui metode atomisasi air.** Metalurgi serbuk merupakan metode pembuatan benda benda yang menggunakan logam serbuk sebagai bahan dasar. Proses dalam teknologi metalurgi serbuk terdiri dari pembentukan serbuk, compacting, sintering dan finising. Salah satu metode dalam pembuatan serbuk logam dengan metode atomisasi air

Dalam penelitian ini serbuk dibuat dengan menggunakan metode atomisasi air, Prinsip kerja alat atomisasi ini adalah aluminium limbah yang sudah dicairkan dialirkan melalui *nozzle* yang terletak dibagian atas, dengan variasi diameter nosel 5, 6 dan 7 mm kemudian di semprot dengan air dengan tekanan 25 kg/Cm<sup>2</sup> dan sudut water sprayer 60. Selanjutnya cairan aluminium akan terurai menjadi butiran butiran serbuk.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa diameter nosel mempengaruhi hasil produksi serbuk dengan metode atomisasi air. Hasil penelitian dengan diameter 5 mm menghasilkan serbuk 41,7%, diameter 6 mm menghasilkan serbuk 25% dan diameter 7 mm menghasilkan serbuk %. Hasil serbuk aluminium optimum dihasilkan pada diameter 5 mm. Bentuk serbuk hasil proses atomisasi air sebagian besar adalah *irregular, acicular* dan *flake*.

**Kata kunci:** aluminium, Limbah, metalurgi serbuk, diameter nosel

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Pada saat ini perkembangan teknologi sangat pesat, baik produk dengan material logam ataupun non logam. Logam merupakan salah satu unsur yang sangat penting bagi kehidupan manusia, di mana hampir semua benda yang digunakan manusia pada saat ini

memiliki unsur logam salah satunya adalah aluminium.

Aluminium merupakan logam yang banyak digunakan, sebab aluminium bukan merupakan jenis logam berat, dan mempunyai densitas yang rendah (2,7 gram/cm<sup>3</sup>) jika dibandingkan dengan baja (7,9 gram/cm<sup>3</sup>). Selain itu aluminium memiliki konduktivitas listrik dan termal yang baik serta tahan terhadap korosi. Secara luas aluminium digunakan dalam

bingkai jendela dan badan pesawat terbang (Callister dan Rethwisch, 2009). Dengan penggunaan yang begitu luas akan mengakibatkan adanya masalah baru yaitu limbah, di Sulawesi Tengah limbah aluminium belum diolah dan dimanfaatkan menjadi produk yang bernilai ekonomi, salah satu teknik pengolahan limbah aluminium adalah dengan mendaur ulang melalui metode metalurgi serbuk seperti atomisasi.

Atomisasi adalah metode yang paling umum digunakan dalam pembuatan serbuk (*powder*) logam, proses atomisasi merupakan perubahan logam cair ke dalam bentuk serbuk. Biasanya logam yang digunakan adalah logam murni, tapi logam paduan juga dapat dibuat menjadi serbuk dengan cara ini (Halim, 2014).

Kelebihan dan kekurangan proses atomisasi adalah sebagai berikut: proses pembuatan serbuk lebih cepat sehingga waktu yang digunakan lebih efisien. Proses pembuatan serbuk lebih mudah dilakukan dan biaya yang digunakan lebih kecil. Sedangkan kekurangan proses atomisasi ialah hanya dapat digunakan untuk material yang memiliki temperatur lebur yang rendah seperti timah putih, aluminium, seng, dan timah hitam.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh ukuran diameter *nozzle* terhadap ukuran serbuk.
2. Untuk mengetahui pengaruh ukuran diameter *nozzle* terhadap bentuk serbuk.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Aluminium

Aluminium adalah logam yang banyak digunakan, sebab aluminium bukan merupakan jenis logam berat. Salah satunya ialah *buffered aspirin*, knalpot mobil, peralatan masak, kaleng dan kembang api.

Aluminium mempunyai densitas yang rendah dibandingkan dengan baja, konduktivitas termal dan listrik yang tinggi, ulet dan tahan korosi. Akan tetapi,

aluminium memiliki keterbatasan yaitu suhu leleh rendah (660°C), tingkat kekerasan dan ketahanan aus yang relatif rendah. Kekuatan mekanis dari aluminium dapat ditingkatkan dengan cara pemaduan antara aluminium murni dengan unsur-unsur lain. Unsur tersebut meliputi tembaga, magnesium, silikon, mangan dan seng.

### Metalurgi Serbuk

Metalurgi serbuk adalah studi yang mempelajari tentang serbuk logam, termasuk fabrikasi, karakterisasi dan proses mengubah serbuk logam menjadi komponen teknik yang berguna (German, 1994).

Definisi metalurgi serbuk ini kemudian berkembang dan tidak terbatas hanya pada material logam saja. Metalurgi serbuk adalah metode yang terus dikembangkan dari proses manufaktur yang dapat mencapai bentuk komponen akhir dengan mencampurkan serbuk secara bersamaan dan dikompaksi dalam cetakan, dan selanjutnya disinter di dalam tungku pemanas (*furnace*).

### Kelebihan dan Kekurangan Proses Metalurgi Serbuk

Kekurangan metalurgi serbuk, antara lain:

- a) Biaya pembuatan yang mahal dan terkadang serbuk sulit penyimpanannya.
- b) Bentuk yang rumit, karena selama penekanan serbuk logam tidak mampu mengalir ke ruang cetakan.
- c) Sulit untuk mendapatkan kepadatan yang merata.

Kelebihan proses metalurgi serbuk, antara lain:

- a) Kita mampu melakukan kontrol kualitas dan kuantitas material.
- b) Mempunyai presisi yang tinggi.
- c) Selama pemrosesan menggunakan suhu yang rendah.
- d) Kecepatan produk tinggi.
- e) Sangat ekonomis karena tidak ada material yang terbuang selama pemrosesan.

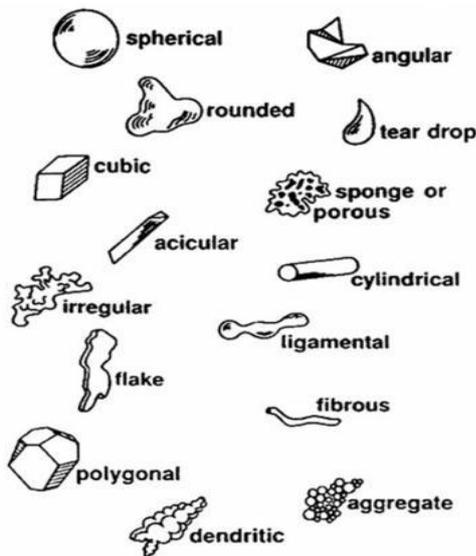
**Proses Pembuatan Serbuk**

Pembuatan serbuk merupakan salah satu proses utama dalam metode metalurgi serbuk. Serbuk logam banyak memberikan pengaruh pada kualitas produk akhir, bentuk dan ukuran bubuk menjadi faktor yang sangat penting, akan tetapi tidaklah mudah untuk mengendalikan keadaan-keadaan itu. Secara umum proses pembuatan serbuk dibagi menjadi tiga yaitu :

1. Metode Fisik
2. Metode Kimia
3. Metode Mekanik

**Bentuk Serbuk**

Bentuk-bentuk serbuk ada berbagai macam tergantung dari proses pembuatannya. Bentuk bulat adalah bentuk yang paling baik karena akan memberikan densitas yang baik pada saat dilakukan kompaksi. Gambar 1 adalah bentuk-bentuk partikel serbuk.



**Gambar 1.** Berbagai Macam Bentuk Partikel/Serbuk (German, 1994)

**Atomisasi**

Atomisasi merupakan teknik yang paling banyak digunakan dalam pembuatan serbuk (*powder*). Metode ini dilakukan dengan cara melakukan penyemprotan pada logam cair dengan tekanan tertentu di dalam ruang tertutup. Proses atomisasi ini sangat sesuai untuk membuat serbuk dari logam yang bertitik

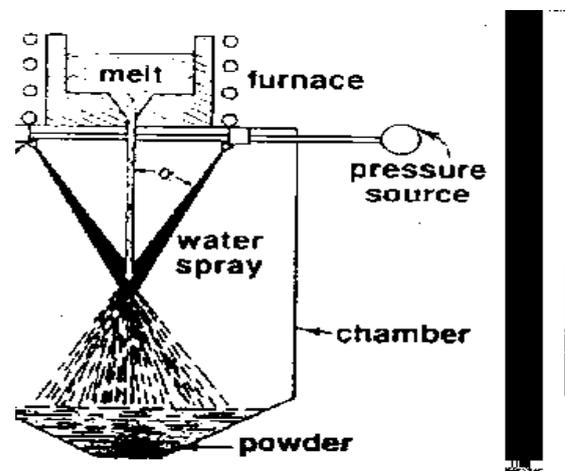
didih rendah seperti timah putih, aluminium, seng dan timah hitam.

Bentuk partikel yang dihasilkan biasanya bulat (*sphere*) dan ukurannya berbeda-beda. Pada proses atomisasi, faktor yang paling berpengaruh adalah kecepatan penyemprotan dan kecepatan pendinginan. Kecepatan penyemprotan akan berpengaruh langsung terhadap ukuran serbuk, sedangkan kecepatan pendinginan akan mempengaruhi bentuk dari partikel/srbuk yang dihasilkan.

Adapun beberapa jenis proses atomisasi yang sering digunakan untuk menghasilkan serbuk adalah:

1. Atomisasi gas (umumnya digunakan gas *inert*; contoh : argon)
2. Atomisasi air
3. Atomisasi sentrifugal

Pada penelitian ini teknik atomisasi yang digunakan ialah Atomisasi air di mana teknik ini yang paling umum untuk memproduksi serbuk dari logam yang mempunyai titik lebur dibawah 1600°C. Air yang bertekanan tinggi disemprotkan secara langsung pada lelehan logam, sehingga memaksa disintegrasi dari lelehan logam tersebut dan terjadi pemadatan dengan cepat. Proses dan mekanisme atomisasi dengan tekanan air ditunjukkan pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.** Proses Atomisasi Air (German, 1994)

Proses *atomisasi* air terjadi ketika logam cair keluar dari lubang *nozzle* bertabrakan dengan air yang

disemprotkan dari kompressor dan melalui *sprayer*, seperti diperlihatkan pada Gambar 2.4. Adapun proses pembentukan serbuk yang mungkin terjadi dalam proses atomisasi adalah *cratering*, *splashing*, *stripping* dan *bursting*.

**Nozzle**

*Nozzle* adalah alat yang berfungsi untuk memecahkan cairan (logam cair) menjadi tetesan kecil (*droplet*). Fungsi lainnya dari *nozzle* adalah menentukan ukuran butiran cairan (*droplet size*), mengatur angka (curah *flow rate*), yang dipengaruhi oleh pola, sudut dan lebar aliran (Delistiani, 2014).

berdasarkan referensi yang digunakan ukuran diameter *nozzle* yang digunakan pada pengujian alat atomisasi air ialah 5, 6 dan 7 mm (Mullis, dkk 2011).

**METODOLOGI PENELITIAN**

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah aluminium dan air. Peralatan yang digunakan adalah tungku peleburan, alat atomisasi yang telah dirancang dan *sieve analysis mesh*, SEM dan EDX.

Prinsip kerja alat atomisasi air adalah limbah aluminium dicairkan pada tungku peleburan. Bahan yang digunakan yaitu velg motor dan kaleng minuman. Material aluminium dilebur menjadi cairan dengan temperatur peleburan 750°C.

Setelah aluminium mencair lalu diangkat dengan wadah atau kowi kecil dan di masukan ke dalam *nozzle* yang berdiameter 5, 6 dan 7 mm dengan cara dituangkan. Aluminium cair yang keluar dari *nozzle* akan terpecahkan dan membentuk tetesan, setelah itu tetesan dari aluminium cair akan disemprot dengan air melalui dua *sprayer*, arah penyemprotan yang berlawanan, sudut *water sprayer* α 60° dan tekanan masing-masing 25 kg/cm<sup>2</sup>. Sehingga terbentuk butiran aluminium yang berbentuk serbuk kecil, lalu dikeringkan untuk menghilangkan kadar air yang tercampur dengan serbuk sebelum dilakukan proses pengujian.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

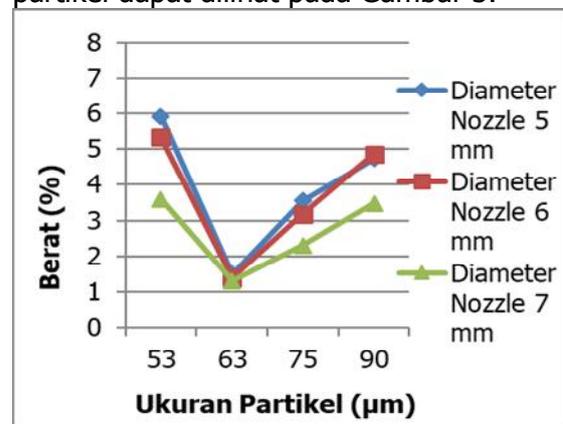
Proses pembuatan serbuk dari limbah aluminium, melalui metode atomisasi air dengan tekanan air 25 kg/cm<sup>2</sup>, sudut *water sprayer* α 60°, temperatur peleburan 750°C dan variasi ukuran diameter *nozzle*/lubang alir aluminium cair 5, 6 dan 7 mm. Setelah proses atomisasi air, dilanjutkan dengan proses pengeringan yaitu dengan dijemur di bawah sinar matahari. Berdasarkan hasil proses atomisasi air total berat serbuk yang dihasilkan hingga mencapai 100 gram pada tiap-tiap ukuran diameter *nozzle*.

**Ukuran Serbuk**

Berdasarkan hasil uji pengayakan yang dilakukan selama 30 menit dengan berat serbuk 100 gram pada tiap-tiap variasi diameter *nozzle*. Ukuran partikel dihasilkan berdasarkan ukuran diameter lubang ayakan yang digunakan adalah 53 μm, 63 μm, 75 μm dan 90 μm.

**Distribusi Serbuk**

Distribusi merupakan mampu alir suatu partikel, distribusi dapat diketahui melalui proses penimbangan partikel setelah proses pengayakan. Distribusi partikel dapat dilihat pada Gambar 3.



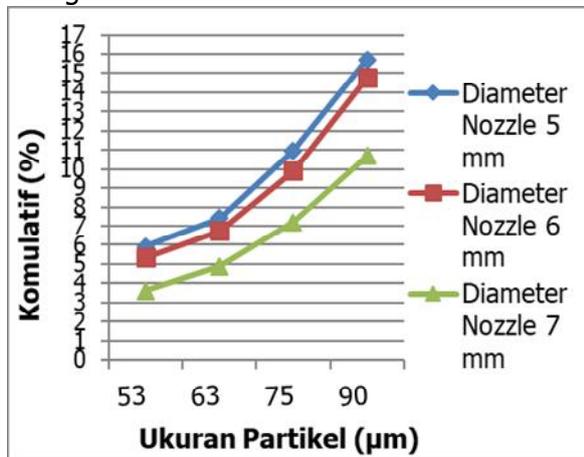
**Gambar 3.** Grafik Distribusi Serbuk

Dapat dilihat pada Gambar 3. Distribusi serbuk diameter *nozzle* yang baik digunakan untuk menghasilkan persentase distribusi serbuk terbesar pada ukuran partikel terkecil yaitu dengan diameter *nozzle* 5 mm pada ukuran

partikel 53  $\mu\text{m}$  = 5,92 %, ukuran partikel 63  $\mu\text{m}$  = 1,5 %, ukuran partikel 75  $\mu\text{m}$  = 3,56 % dan ukuran partikel 90  $\mu\text{m}$  = 4,73 %. Distribusi partikel dengan diameter *nozzle* 6 mm, pada ukuran partikel 53  $\mu\text{m}$  = 5,34 %, ukuran partikel 63  $\mu\text{m}$  = 1,39 %, ukuran partikel 75  $\mu\text{m}$  = 3,17 % dan ukuran partikel 90  $\mu\text{m}$  = 4,86 %. Sedangkan diameter *nozzle* 7 mm persentase distribusi serbuk yang dihasilkan, pada ukuran partikel 53  $\mu\text{m}$  = 3,6 %, ukuran partikel 63  $\mu\text{m}$  = 1,3 %, ukuran partikel 75  $\mu\text{m}$  = 2,3 % dan ukuran partikel 90  $\mu\text{m}$  = 3,48 %.

**Kumulatif Serbuk**

Berdasarkan hasil perhitungan kumulatif pada setiap ukuran partikel menghasilkan nilai kumulatif serbuk



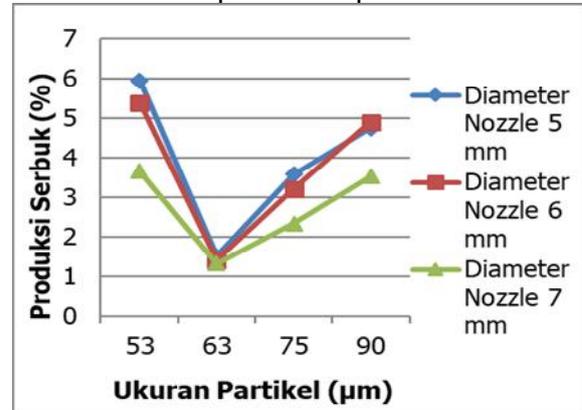
Gambar 4. Grafik Kumulatif Serbuk

Gambar 4. grafik kumulatif serbuk menjelaskan bahwa, hasil kumulatif serbuk tertinggi yang diperoleh dari proses atomisasi air adalah diameter *nozzle* 5 mm pada ukuran partikel 53  $\mu\text{m}$  = 5,92 %, ukuran partikel 63  $\mu\text{m}$  = 7,42 %, ukuran partikel 75  $\mu\text{m}$  = 10,98 % dan ukuran partikel 90  $\mu\text{m}$  = 15,71 %. Hasil kumulatif serbuk pada diameter *nozzle* 6 mm, diperoleh ukuran partikel yaitu 53  $\mu\text{m}$  = 5,34 %, 63  $\mu\text{m}$  = 6,73 %, 75  $\mu\text{m}$  = 9,9 % dan ukuran partikel 90  $\mu\text{m}$  = 14,76 %. Dan pada ukuran diameter *nozzle* 7 mm menghasilkan serbuk kumulatif dengan ukuran partikel 53  $\mu\text{m}$  = 3,6 %, 63  $\mu\text{m}$  = 4,9 %, 75  $\mu\text{m}$  = 7,2 % dan ukuran partikel 90  $\mu\text{m}$  = 10,68 %. Berdasarkan hasil kumulatif serbuk yang

diperoleh tertinggi pada diameter *nozzle* 5 mm dan terendah pada diameter *nozzle* 7 mm.

**Produksi Serbuk**

Berdasarkan hasil perhitungan nilai produksi serbuk yang dihasilkan pada proses pembuatan serbuk melalui metode atomisasi air dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Produksi serbuk

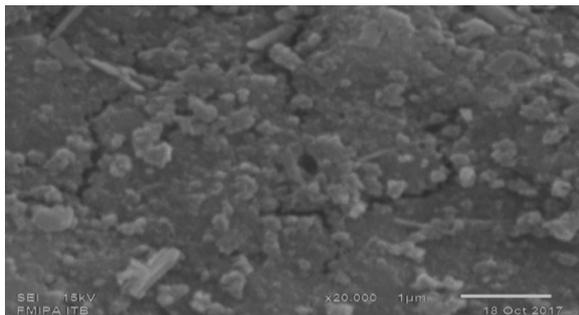
Gambar 5. Bentuk serbuk aluminium hasil proses produksi dengan metode atomisasi air dengan menggunakan variasi ukuran diameter *nozzle* 5 mm , diameter *nozzle* 6 mm dan diameter *nozzle* 7 mm didominasi bentuk serbuk spherical, ligament dan rounded.

**Scanning Electron Microscope (SEM)**

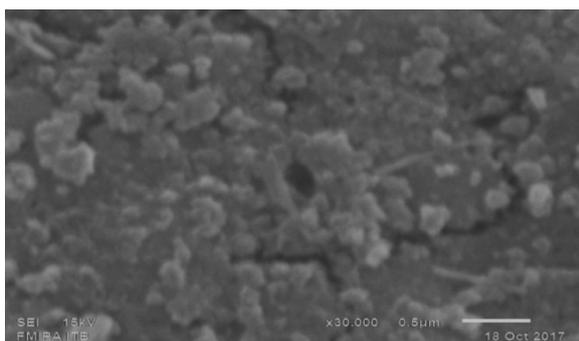
Untuk mendapatkan gambaran tentang bentuk dan ukuran serbuk, dilakukan pemotretan dengan SEM seperti ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5. Dari Gambar 3 diketahui bahwa bentuk serbuk aluminium yang diperoleh dalam penelitian ini adalah bentuk tidak beraturan (*irregular*).

Berdasarkan hasil uji SEM pada Gambar 6. (a). Bentuk permukaan serbuk hasil proses atomisasi air dengan variasi diameter *nozzle* 5, 6 dan 7 mm dengan pembesaran 20.000X (pada saat pengambilan gambar) menjelaskan bahwa, bentuk permukaan serbuk berbentuk kasar. Ini dipengaruhi media pendingin yang digunakan yaitu air yang disemprotkan dengan tekanan tinggi

sehingga uap air akan terperangkap dalam partikel serbuk dan mengakibatkan terbentuknya porositas.



(a)



(b)

**Gambar 6.** Bentuk Permukaan Serbuk

Hasil Proses Atomisasi Air Dengan Variasi Ukuran Diameter *Nozzle* 5, 6 dan 7 mm pada saat diambil gambar dengan; a) Pembesaran 20.000X dan b). Pembesaran 30.000X (pada saat pengambilan Gambar)

Sedangkan pada Gambar (b). Bentuk permukaan serbuk hasil proses atomisasi air dengan variasi diameter *nozzle* 5, 6 dan 7 mm dengan pembesaran 30.000X (pada saat pengambilan Gambar) menunjukkan adanya porositas yang terjadi pada serbuk, ini disebabkan adanya butiran serbuk yang dihasilkan berukuran besar dan kasar sehingga dapat menyebabkan porositas pada serbuk.

Hasil uji SEM serbuk aluminium hasil proses atomisasi air yang dihasilkan sesuai dengan hasil penelitian yang menjelaskan bahwa ukuran dan bentuk logam cair yang keluar dari lubang alir sangat dipengaruhi oleh bentuk ujung dan ukuran diameter lubang alir atau *nozzle* yang digunakan, semakin kecil diameter *nozzle* maka logam cair yang keluar dari dalam *nozzle* akan semakin kecil sehingga serbuk yang

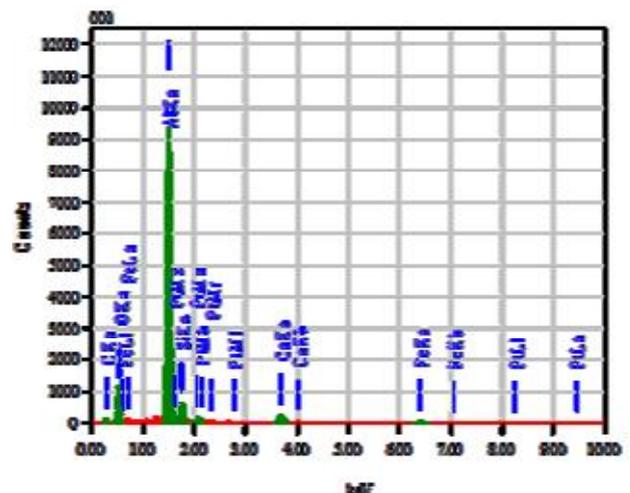
dihasilkan semakin banyak dan bentuknya bulat halus (Mullis. dkk,2011).

Bentuk permukaan serbuk berkaitan erat dengan ukuran butir, faktor ini berhubungan dengan luas kontak antar permukaan, butir kecil mempunyai porositas yang kecil dan luas kontak antar permukaan besar sehingga difusi antar permukaan juga semakin besar (Murjito, 2010).

**Komposisi Serbuk Dengan EDX**

Untuk mengetahui gambaran serbuk dari limbah aluminium dengan atomisasi air dengan lebih mendetail, dilakukan pengujian dengan *Energy Dispersive X-Ray Analysis* (EDX) seperti ditunjukkan Gambar 4.5 dan 4.6. Hasil pengujian EDX menunjukkan bahwa unsur-unsur yang terkandung dalam serbuk ditinjau dari % mol atomnya didominasi oleh aluminium dengan massa 44,24%, O = 26,5 %, C = 15,61 %, Pt = 5,75 %, Si = 2,75 %, sedangkan unsur dengan massa paling sedikit yaitu Ca dengan nilai massa hanya 2,02 %. Total persentase komposisi serbuk aluminium yaitu 100 %

Komposisi serbuk dari limbah aluminium hasil proses produksi melalui metode atomisasi air. Berdasarkan hasil pengujian komposisi serbuk aluminium dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Hasil Uji Komposisi Serbuk Aluminium dengan EDX

**Kesimpulan**

1. Ukuran partikel serbuk yang dihasilkan ialah 53, 63, 75 dan 90  $\mu\text{m}$  dengan produksi serbuk yaitu dari ketiga diameter *nozzle* yang digunakan, maka pada ukuran partikel terkecil produksi serbuk yang paling tinggi yaitu diameter *nozzle* 5 mm.
2. Berdasarkan hasil pengamatan dengan *scanning electron microscope* (SEM), serbuk yang dihasilkan yaitu berbentuk *spherical*, *ligamental*, *rounded* dan bentuk permukaan yang kasar. Hal ini dipengaruhi oleh media pendingin, bentuk dan ukuran *nozzle* yang digunakan.

University of Leeds, Leeds LS2-9JT,  
UK.

## DAFTAR PUSTAKA

- Callister, Jr, W.D. dan Rethwisch, D.G., 2009, *Materials Science and Engineering: An Introduction*, 8th ed., John Wiley and Sons, NewYork.
- Delistiani, M., 2014, "Pengertian, Fungsi, Tujuan, Jenis, Serta Bagian-bagian Nozzle".
- German, R.M., 1994, *Powder Metallurgy Science, Metal Powder Industries Federation*, Princeton New Jersey.
- Halim, A.M., 2014, Karakterisasi Serbuk Hasil Produksi Menggunakan Metode Atomisasi, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
- Murjito., 2010, "Penerapan Teknologi Powder Metalurgy Untuk Pembuatan Komponen Mesin Berbasis Pasir Besi Lo Al", Naskah Publikasi Penelitian Berorientasi Produk (PBP), Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Malang.
- Mullis, A.M., McCarthy, I.N. dan Cochrane, R.F., 2011, "*High speed imaging of the flow during close-coupled gas atomisation: Effect of melt delivery nozzle geometry*", *Journal of Materials Processing Technology*. Institute for Materials Research,