

## PENGARUH PANJANG API DAN SUDUT INJEKSI TERHADAP PRODUKTIVITAS MESIN DC THERMAL PLASMA DALAM PEMBUATAN NANOPARTIKEL ALUMINA

Indra Surya Iwanata<sup>1</sup>, Gaguk Jatisukamto<sup>2</sup>, Muhammad Dimiyati Nashrullah<sup>2</sup>,  
Mahros Darsin<sup>2</sup>, Ahmad Syuhri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

<sup>2</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

e-mail: suryaiwanataindra@gmail.com

### ABSTRACT

*Nanoparticles are particles that have a size of  $10^{(-9)}$  nm and a size range of 1-100 nano. These particles are formed by the DC Thermal Plasma method. This study utilizes a 70 ampere DC Plasma cutting machine as a plasma flame. The combustion process is carried out in a reactor tube, and the material processed is Aluminum powder (Al) with a purity of 92.5%. The input mass of Aluminum powder is injected at 5 gram. Burning process (15 seconds). The particles attached to the reactor wall are sucked in with the help of a vacuum pump then collected on the filter tube. The material is measured by mass using a digital scale. Analysis of the data used is using the Taguchi L27 method. The parameters used in this study are injection angle with 3 variations (45°, 60°, 90°) and fire length with 3 variations (2.31 cm; 3.87 cm; 4.28 cm). The contribution of machining parameters in the manufacture of alumina nanoparticles is significant, namely the injection angle parameter has a contribution of 37% and a fire length parameter of 4.2%. The results of the study are generally influenced by the injection angle. The optimum injection angle is 45 ° with an average of 3.56 grams and the least productivity is the injection angle parameter 90 ° which is equal to 2.17 grams The conclusion of the study is that the greater the material injection bend angle the less productivity of DC Thermal Plasma devices as well vice versa.*

*Keywords: nanoparticle, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, DC thermal plasma method, taguchi methode, SEM.*

### PENDAHULUAN

Nanopartikel merupakan partikel yang memiliki ukuran 10–9 nm dan rentang ukuran 1-100 nano. Aplikasi nanopartikel digunakan pada industri bidang penerbangan dan otomotif salah satu contohnya yaitu *surface coating*. Karakterisasi nanopartikel umumnya berdasarkan morfologi, muatan permukaan, dan ukuran nanopartikel tersebut. Partikel ini dibentuk dengan berbagai macam pengolahan, salah satunya menggunakan metode *DC Thermal Plasma* 70 ampere. Proses pembakaran dilakukan dalam tabung reaktor, dan bahan yang diolah yaitu serbuk Aluminium (Al) dengan kemurnian 92,5%.

Serbuk aluminium merupakan bahan penelitian yang digunakan pada industri pengolahan logam. Bahan hasil produksi dari serbuk aluminium yang mengalami oksidasi dengan oksigen disebut alumina atau Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> merupakan senyawa stabil berbentuk bubuk putih yang terlihat seperti garam meja. Titik leleh dari senyawa Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> berada di atas 2050°C sehingga memerlukan banyak energi untuk menghasilkan alumina dari aluminium. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> umumnya diproduksi dalam skala 1-100 nm. Aplikasi Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dapat digunakan dalam bidang pelapisan benda kerja (*coating*). Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dapat dibuat menggunakan metode *DC Thermal Plasma* (Paresh, 2018).

*DC Thermal Plasma* adalah metode pembuatan nanopartikel dengan cara memanfaatkan

panas api untuk evaporasi terhadap serbuk yang diinjeksikan searah jalur busur api. Metode *DC Thermal Plasma* dibagi menjadi tiga macam yaitu metode *DC Arc Transferred Plasma Thorces*, *DC Non Transferred Arc Plasma Thorces*, dan *RF Inductively Coupled Discharged*. Aplikasi *DC Thermal Plasma* tergolong metode yang mudah dalam pembuatannya yaitu dengan cara menginjeksikan serbuk Aluminium ke arah api plasma sehingga terjadi proses perubahan fase solid menjadi *molten*, *molten* menjadi uap dan material mengalami pendinginan cepat pada tabung reaktor berpendingin air (Ghosh, S. dan Ruj, B., 2014).

Prinsip dari Mesin *DC Thermal Plasma* dalam penelitian ini yaitu membakar serbuk Aluminium pada tabung reaktor yang diinjeksikan melalui sistem injeksi bertekanan udara. Massa *input* serbuk Aluminium yang diinjeksikan sebesar 5gram. Proses pembakaran dilakukan sesuai selang waktu yang ditentukan (15 detik). Partikel yang menempel di dinding reaktor dihisap dengan bantuan *vacuum pump* sehingga mempermudah proses kolektif pada tabung filter. Material yang telah dikolektif diukur massanya menggunakan timbangan digital.

Analisis data yang digunakan yaitu menggunakan metode Taguchi L27. Pengolahan data dengan metode Taguchi bertujuan untuk mengetahui parameter apa yang signifikan dan seberapa besar kontribusi parameter tersebut pada proses pembuatan

nanopartikel Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sudut injeksi dengan 3 variasi (45°, 60°, 90°) dan panjang api dengan 3 variasi (2,31 cm; 3,87 cm; 4,28 cm).

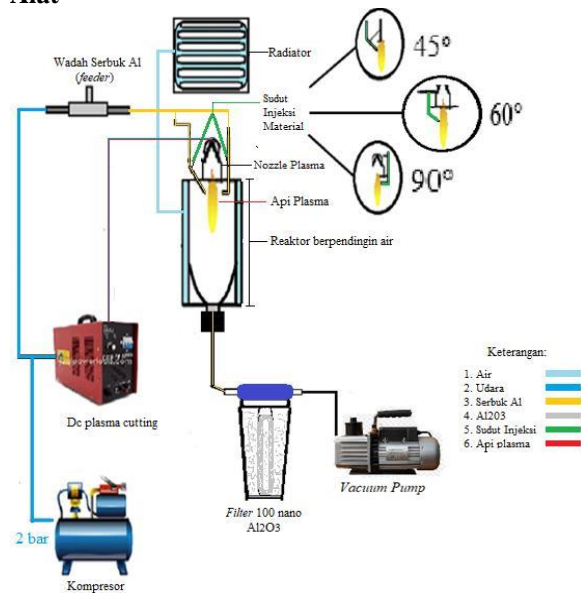
Berdasarkan kajian penelitian sebelumnya dengan menggunakan mesin *DC Thermal Plasma*. Peneliti ingin mengetahui pengaruh panjang api dan sudut injeksi material terhadap kuantitas serbuk nanopartikel yang dihasilkan.

**METODOLOGI PENELITIAN**

**Waktu dan Tempat Penelitian**

Waktu penelitian dilakukan pada bulan Juli 2018 s/d Juli 2019. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Terapan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember dan Laboratorium Uji Material Universitas Negeri Malang.

**Alat**



Gambar 1. Skema alat

**Bahan**

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah serbuk aluminium kemurnian 92,5 %.

**Prosedur Percobaan**

Variasi yang digunakan adalah panjang api 2,31 cm, 3,87 cm dan 4,28 cm dan sudut injeksi 45°, 60° dan 90°. Masing-masing variasi dilakukan dengan pengambilan sampel dengan metode Taguchi L27. Tahap terakhir dari pengambilan sampel dilakukan adalah proses koleksi serbuk.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pengambilan Data dengan Metode Taguchi**

Analisa data menggunakan Metode Taguchi, metode ini berfungsi untuk mengetahui seberapa besar persentase kontribusi setiap parameter terhadap kuantitas pembuatan nanopartikel. Metode Taguchi juga memiliki keuntungan yaitu mengetahui seberapa besar persentase *error* yang terjadi saat penelitian.

Parameter yang digunakan pada penelitian ini menggunakan 2 faktor dan 3 level (Soejanto, I., 2009).

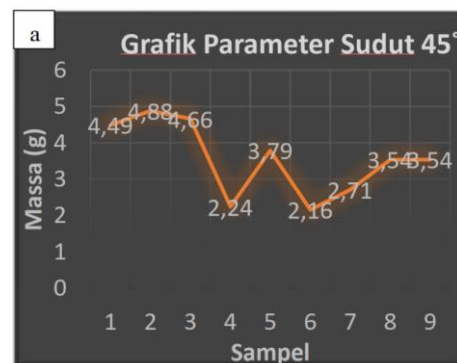
Peningkatan variasi sudut injeksi menghasilkan kecenderungan massa serbuk yang semakin sedikit. Pengambilan sampel setiap parameter diulang sebanyak 9x pengulangan dengan total pengambilan sebanyak 27 sampel. Tabel ANOVA pada perhitungan Taguchi menunjukkan seberapa besar kontribusi yang dihasilkan pada setiap parameter sehingga dapat diketahui parameter mana yang terbukti signifikan atau tidak dalam pembuatan nanopartikel. Parameter yang signifikan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. ANOVA kontribusi parameter

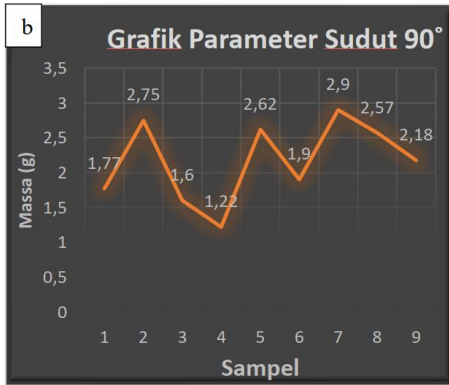
Parameter	DF	SS	MS	F	$\rho$
Sudut Injeksi	2	105,03	52,51	9,37	37%
Panjang Api	2	21,87	10,93	1,95	4,2%
Residual error	22	123,100	5,6		58%
<b>Total</b>					<b>100%</b>

Pengurangan massa dipengaruhi oleh seberapa besar sudut belokan pada injektor. Semakin kecil sudut belokan maka partikel yang diinjeksikan searah busur api akan terdistribusi secara merata sehingga proses evaporasi yang terjadi lebih banyak, sedangkan semakin besar sudut belokan pada injektor maka semakin sedikit partikel yang dapat terevaporasi pada busur api karena partikel tersebut menabrak busur api dan mengalami gaya momentum antara partikel dengan busur api.

Kuantitas serbuk yang dihasilkan semakin sedikit juga dipengaruhi karena waktu yang dibutuhkan partikel saat mengalir pada injektor akan lebih lama seiring penambahan besar sudut injeksi yang digunakan, hal tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.

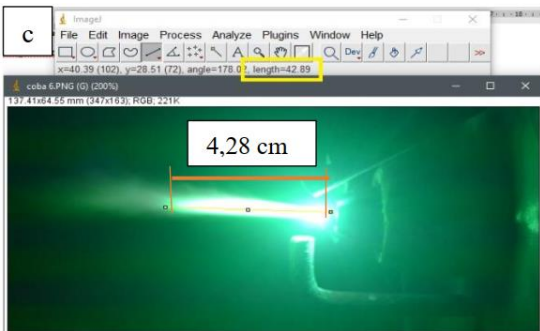
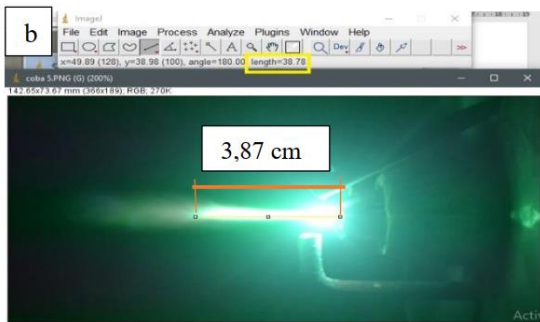
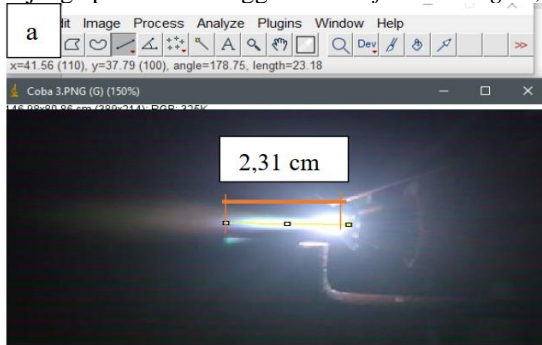


Gambar 2. Korelasi massa serbuk terhadap sampel parameter sudut injeksi 45°



Gambar 3. Korelasi massa serbuk terhadap sampel parameter sudut injeksi 90°

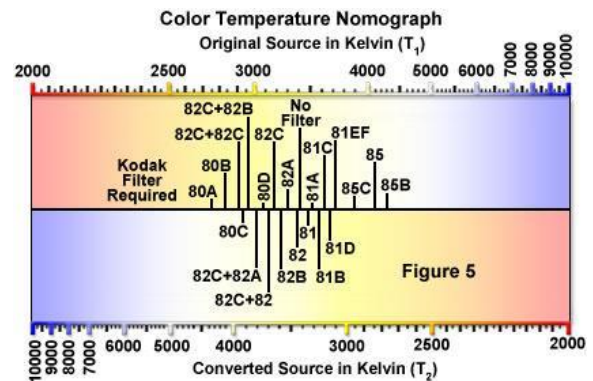
Gambar 3 menunjukkan kecenderungan massa yang di hasilkan oleh parameter sudut injeksi yaitu variasi sudut 45° dan 90° dengan masing-masing pengambilan 9 sampel. Parameter sudut 45° memiliki rata-rata serbuk yang dihasilkan sebanyak 3,56 gram sedangkan serbuk yang dihasilkan parameter 90° memiliki rata-rata sebanyak 2,71 gram. Penghitungan panjang api ditunjukkan pada Gambar 4. Parameter panjang api diukur menggunakan *software image J*,



(a) 2,31 cm, (b) 3,84 cm, dan (c) 4,28 cm.

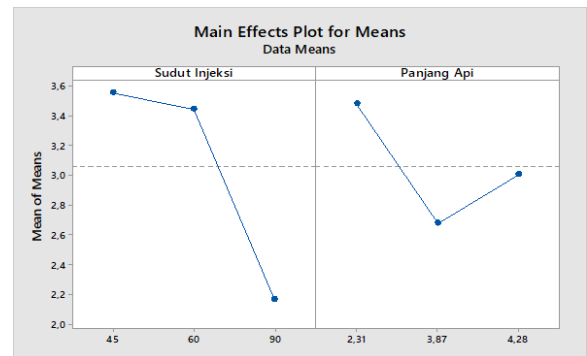
Gambar 4. Pengukuran panjang api menggunakan *software Image J*

Gambar 4, menunjukkan panjang api 2,31 cm akan membentuk api yang cenderung pendek tetapi memiliki api difusi berwarna biru, sedangkan panjang api 3,87 cm dan 4,28 cm memiliki ukuran yang lebih panjang dari variasi level pertama tetapi memiliki warna api difusi yaitu hijau, hal tersebut membuktikan bahwa pembentukan serbuk nanoalumina tidak dipengaruhi oleh panjang api melainkan dipengaruhi oleh suhu api plasma yang ditunjukkan pada api difusi yang dihasilkan. Api difusi berwarna biru memiliki suhu yang lebih panas dari pada api difusi berwarna hijau, hal tersebut ditinjau dari spektrum kelvin yang menjelaskan suhu ditinjau berdasarkan warna api ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Spektrum warna suhu api (sumber: micro.magnet.fsu.edu)

Parameter panjang api dalam penelitian ini tidak memiliki kontribusi yang baik. Panjang api tidak signifikan dalam pembuatan nanopartikel alumina, hal tersebut dibuktikan dengan perbandingan parameter yang ditunjukkan pada Gambar 6.

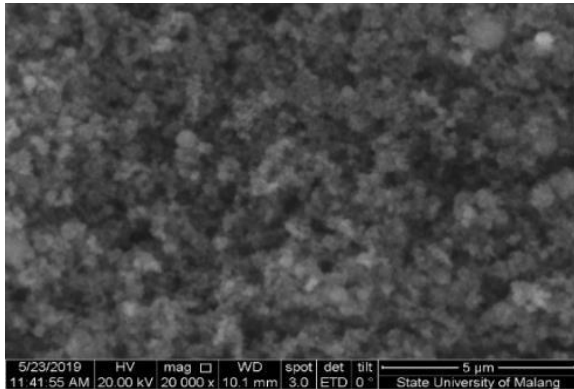


Gambar 6. Grafik perbandingan rata-rata setiap parameter

Gambar 6. Menunjukkan parameter sudut injeksi memiliki hasil yang semakin kecil seiring dengan penambahan besar sudut, sedangkan parameter panjang api menunjukkan penurunan di panjang api 3,87 cm dan naik pada 4,28 cm, hal tersebut menunjukkan parameter panjang api tidak stabil dalam pembuatan nanopartikel, karena parameter yang berpengaruh seharusnya adalah suhu bukan panjang api. Penelitian ini tidak memvariasikan tekanan kompresor sehingga panas api yang dihasilkan juga tidak signifikan dalam perubahannya.

### Pengambilan Data Dengan SEM

Pengujian SEM ini bertujuan untuk mengetahui ukuran dan morfologi nanopartikel  $\text{Al}_2\text{O}_3$  hasil metode *DC Thermal Plasma*. Analisis data distribusi nanopartikel  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ini menggunakan *software ImageJ*, nanomaterial adalah sebuah obyek yang memiliki setidaknya satu dimensi dalam skala nanometer (sekitar 1 sampai 100 nm) (Hong, B. G. dan Jun, H. S., 2012).



Gambar 7. Observasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dengan perbesaran 20.000x

Gambar 7 menunjukkan hasil dari observasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dengan perbesaran 20.000x. Menampilkan bentuk  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang berbentuk bulatan.

### KESIMPULAN

1. Parameter sudut injeksi memberi kontribusi sebesar 37% dari 100%. Parameter sudut injeksi yang paling signifikan adalah sudut injeksi  $45^\circ$  dengan kuantitas rata-rata serbuk yang dihasilkan yaitu 3,56 gram. Parameter sudut injeksi  $45^\circ$  signifikan dalam membentuk nanopartikel alumina karena sudut injeksi tersebut paling searah dengan nyala api.
2. Parameter panjang api memberi kontribusi parameter sebesar 4,2% dari 100%, hal tersebut berarti seberapa panjang nyala api plasma yang di gunakan, nanopartikel akan tetap terbentuk karena suhu dari api plasma yang tinggi mencapai  $9700^\circ\text{C}$ -  $16400^\circ\text{C}$  sudah mampu menguapkan serbuk aluminium yang memiliki titik uap  $2500^\circ\text{C}$ .
3. *Setting* parameter yang optimum adalah menggunakan sudut injeksi serbuk aluminium  $45^\circ$ . Tekanan udara kompresor yang digunakan sebesar 2 bar.

### SARAN

1. Menambah kompresor untuk memberi tekanan udara pada sistem injeksi material (*feeder*).
2. Mengukur suhu api plasma dengan spektrum warna nyala api.

3. Menimbang berat filter sebelum dan sesudah proses koleksi serbuk supaya kuantitas massa serbuk lebih akurat.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ghosh, S. dan Ruj, B., 2014. *Technological aspects for thermal plasma treatment of municipal solid waste*. Thermal engineering department, CSIR-Central Mechanical Engineering Research Institute, Durgapus, India: Elsevier, Inc.
- Hong, B. G. dan Jun, H. S., 2012. *Thermal Plasma Synthesis of Nano-Sized Powders*. Korea: MDPI.
- Paresh, 2018. *Characterization Tools and Techniques for Nanopartikels*. Laxminarayan Institute of Technology, Rashtrasant Tukadoji Maharaj Nagpur University, Nagpur, India: Elsevier, Inc.
- Primer. 2015. Light and Color. <https://micro.magnet.fsu.edu/primer/lightandcolor/colortemperatureintro.html>. [Diakses pada 21 Juli 2019].
- Soejanto, I., 2009. *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Klaten: Graha Ilmu.