



**PENGARUH PARAMETER PROSES PEMBUATAN
NANOPARTIKEL ALUMINA DENGAN MENGGUNAKAN
METODE *DC THERMAL PLASMA***

SKRIPSI

Oleh
Agung Budi Cahyono
NIM 131910101025

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**PENGARUH PARAMETER PROSES PEMBUATAN
NANOPARTIKEL ALUMINA DENGAN MENGGUNAKAN
METODE *DC THERMAL PLASMA***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh
Agung Budi Cahyono
131910101025

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa dengan kerendahan hati, skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Allah SWT yang selalu memberikan kemudahan, nikmat serta karunianya.
2. Kedua orang tua saya yang sangat saya sayangi dan saya cintai Abdurrahman dan Supiana yang tidak pernah lelah memberikan doa, motivasi, didikan, serta dukungan dan kasih sayang yang tulus dan tidak pernah putus.
3. Kedua kakak saya yang sangat saya sayangi dan saya cintai Siget Budi Rahman dan Indra Budi Kurniawan yang selalu memberikan doa, dukungan, motivasi, serta semangat dalam menyelesaikan Pendidikan Strata 1.
4. Bapak Imam Sholahuddin, S.T., M.T selaku pembimbing *group* riset MRG yang tiada hentinya membimbing saya, baik motivasi, semangat, dan arahan maupun saran serta keluarga besar MRG yang telah memberikan saran, motivasi dan bantuan yang tiada henti selama riset dimulai sampai selesai.
5. Bapak Dr. Salahuddin Junus, S.T., M.T selaku pembimbing utama dan Bapak Fahrur Rozy H, S.T.,M.T selaku dosen Pembimbing Anggota yang selalu memberikan arahan, dorongan serta dukungan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi.
6. Seluruh guru dari taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi yang telah mendidik, mengarahkan dan memberikan ilmu bermanfaat sampai saya bisa mendapat gelar S.T.
7. Saudara seperjuangan Teknik Mesin 2013 yang tiada henti memberikan semangat, ilmu, arahan dan motivasi sampai saya menjadi seorang sarjana.
8. Kekasih yang sangat saya sayangi serta teman-teman Chopuma X-5, KKN60 dan Teman-teman semasa kecil yang telah memberikan dorongan, motivasi, dan semangat sampai saya dapat menyelesaikan Pendidikan Strata 1.
9. Almamater Universitas Jember tercinta.

MOTTO

Barang siapa menghendaki (kebaikan) dunia, maka hendaknya ia menggunakan ilmu, dan barang siapa menghendaki kebaikan akhirat, maka hendaknya menggunakan ilmu. (Imam As- Syafi'i)

Ilmu seperti udara. Ia begitu banyak di sekeliling kita. Kamu bisa mendapatkannya dimanapun dan kapanpun.

(Socrates)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kadar kesanggupannya.”

(Q.S. Al-Baqarah: 286)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Agung Budi Cahyono

NIM : 131910101025

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Pengaruh Parameter Proses Pembuatan Nanopartikel Alumina Dengan Menggunakan Metode *DC Thermal Plasma*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 11 Desember 2017

yang menyatakan,

Agung Budi C

NIM 131910101025

SKRIPSI

**PENGARUH PARAMETER PROSES PEMBUATAN
NANOPARTIKEL ALUMINA DENGAN MENGGUNAKAN
METODE *DC THERMAL PLASMA***

Oleh

Agung Budi Cahyono

NIM 131910101025

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Salahuddin Junus, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : M. Fahrur Rozy, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Parameter Proses Pembuatan Nanopartikel Alumina Dengan Menggunakan Metode *DC Thermal Plasma*” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : 11 Desember 2017

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Salahudin Junus, S.T., M.T.
NIP. 19751006 2002 12 1 002

M. Fahrur Rozy H, S.T.,M.T.
NIP. 19800307 201212 1 003

Anggota I,

Anggota II,

Sumarji, S.T., M.T.
NIP. 19680202 199702 1 001

Ir. F.X Kristianta, M. Eng.
NIP. 19650120 2001121 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM
NIP. 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Pengaruh Parameter Proses Pembuatan Nanopartikel Alumina Dengan Menggunakan Metode *DC Thermal Plasma*; Agung Budi C, 131910101025; 2017; 63 halaman; Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Univeritas Jember.

Dalam beberapa dekade terakhir alumina banyak diproduksi dalam ukuran antara 1-100 nm. Alumina dapat digunakan dalam berbagai bidang keteknikan karena alumina mempunyai sifat tahan pada temperatur tinggi, tahan korosi, serta mempunyai kekerasan dan ketahanan yang tinggi.

Pembuatan nanopartikel alumina dilakukan dengan metode *DC Thermal Plasma* dimana serbuk aluminium didorong menggunakan gas oksigen untuk melewati busur api pada *torch plasma* sehingga partikel primer terpecah yang mengakibatkan terjadinya *evaporation and crystallization* sehingga terbentuk nanopartikel alumina pada fase tertentu.

Hasil pengamatan XRD menunjukkan pada variasi laju aliran serbuk aluminium 4.72 dan 5.90 l/min dengan waktu proses 10, 20, 30, 40 detik bahwa nanopartikel alumina terbentuk dominan fase γ -alumina dengan intensitas $\geq 80\%$. Sedangkan variasi laju aliran serbuk 7.08 dan 8.26 l/min dominan fase yang terbentuk adalah fase δ -alumina dengan intensitas $\geq 75\%$. Pada pengamatan SEM nanopartikel alumina variasi laju aliran serbuk 4.72 l/min pada waktu proses 10 detik dominan memiliki ukuran diameter partikel rata-rata 14.57-56.64 nm dan variasi laju aliran serbuk 8.26 l/min pada waktu proses 40 detik dominan memiliki ukuran diameter partikel rata-rata 14.57-56.64 nm. Hasil analisis yang diperoleh pada penelitian ini yaitu laju aliran serbuk dan waktu proses yang digunakan berpengaruh terhadap ukuran diameter partikel dan fase yang terbentuk pada nanopartikel alumina.

SUMMARY

Parameter Effect on Alumina Nanoparticle Fabrication Process using DC Thermal Plasma; Agung Budi Cahyono, 131910101025; 2017; 81 pages; Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Jember University.

In the last few decades many aluminas are produced in sizes between 1-100 nm. Alumina can be used in various fields of engineering because alumina has the properties of high temperature, corrosion resistant, and has high hardness and resistance.

The making of alumina nanoparticles is done by DC Thermal Plasma method where aluminum powder is driven using oxygen gas to pass through arc in plasma torch so that primary particles are split causing evaporation and crystallization to form alumina nanoparticles in certain phase.

The XRD observation results showed variations in aluminum powder flow rate of 4.72 and 5.90 l/min with a processing time of 10, 20, 30, 40 sec that alumina nanoparticles formed dominant phase γ -alumina with intensity $\geq 80\%$. While the variation of powder flow rate 7.08 and 8.26 l/min dominant phase formed is δ -alumina phase with intensity $\geq 75\%$. In SEM observations of alumina nanoparticles the powder flow rate variation of 4.72 l/min at the time of 10 seconds of dominant process has an average particle diameter size of 14.57-56.64 nm and the powder flow rate variation of 8.26 l / min at the time of the dominant 40 seconds process has a mean particle diameter 14.57-56.64 nm. The results of the analysis obtained in this research is the powder flow rate and the processing time used affects the size of particle diameter and the phase formed on alumina nanoparticles.

PRAKATA

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Pengaruh Parameter Proses Pembuatan Nanopartikel Al_2O_3 Dengan Menggunakan Metode *DC Thermal Plasma*”. Shalawat serta salam penulis curahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menunjukkan inspirasi, suri tauladan, dan jalan yang terang bagi umat manusia dalam menjalani kehidupan di dunia. Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis tidak lupa berterima kasih serta mengapresiasi semua pihak yang telah membantu dan mendukung selama penyusunan skripsi ini, khususnya kepada :

1. Bapak Dr. Salahudin Junus, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Bapak M. Fahrur Rozy H, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan masukan dan arahan dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini. serta Bapak Sumarji, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan Bapak Ir. F.X. Kristianta, M.Eng. selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan kritik dan saran untuk perbaikan skripsi.
2. Pembimbing *group* riset MRG Bapak Imam Sholahuddin S.T.,M.T dan Keluarga besar MRG yang selalu memberikan bimbingan, motivasi, arahan dukungan, ide dan bantuan dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Semua pihak yang telah membantu dan memberi masukan dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Semoga hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat dan wawasan bagi semua pembaca.

Jember, 11 Desember 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN Sampul	i
HALAMAN Judul	ii
HALAMAN Persembahan	iii
HALAMAN Motto	iv
HALAMAN Pernyataan	v
HALAMAN Pembimbing	vi
HALAMAN Pengesahan	vii
Ringkasan	viii
Summary	ix
Prakata	x
Daftar Isi	xi
Daftar Gambar	xiv
Daftar Tabel	xvi
Daftar Lampiran	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	4
1.6 Hipotesis	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Nanomaterial	5

2.1.1	Metode Pembuatan Nanopartikel	6
2.1.2	Aplikasi Nanopartikel	6
2.2	Aluminium	8
2.2.1	Serbuk Aluminium.....	9
2.3	Alumina	10
2.4	Metode Pembuatan Nanopartikel Alumina	15
2.4.1	<i>Thermal Plasma</i>	17
2.5	Pengamatan	19
2.5.1	SEM (<i>Scanning Microscopy Electron</i>)	19
2.5.2	XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>).....	20
 BAB 3. METODELOGI PENELITIAN		
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.2	Alat dan Bahan	22
3.2.1	Alat	22
3.2.2	Bahan	22
3.3	Prosedur Penelitian	23
3.3.1	Pembuatan Nanopartikel Alumina	23
3.3.2	Pengamatan Sampel	24
3.4	Diagram Alir Penelitian	25
 BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Pembuatan Nanopartikel Alumina	26
4.2	Pengamatan SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>)	29
4.2.1	Pengamatan SEM pada Nanopartikel Alumina	29
4.2.1.1	Laju Aliran Serbuk Aluminium 4.72 l/min dan Waktu Proses 10 detik.....	29
4.2.1.2	Laju Aliran Serbuk Aluminium 8.26 l/min dan Waktu Proses 40 detik	31
4.2.2	Perbandingan pengamatan SEM pada variasi laju aliran serbuk aluminium dan waktu proses pembuatan nanopartikel alumina	32

4.3 Pengamatan XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)	33
4.3.1 Pengamatan XRD pada Nanopartikel Alumina	34
4.3.1.1 Laju Aliran Serbuk Aluminium 4.72 l/min dan Waktu Proses 40 detik	34
4.3.1.2 Laju Aliran Serbuk Aluminium 5.90 l/min dan Waktu Proses 40 detik	35
4.3.1.3 Laju Aliran Serbuk Aluminium 7.08 l/min dan Waktu Proses 40 detik	37
4.3.1.4 Laju Aliran Serbuk Aluminium 8.26 l/min dan Waktu Proses 40 detik	38
4.3.2 Perbandingan pengamatan XRD pada Variasi Laju Aliran Serbuk Aluminium pada Waktu Proses pembuatan nanopartikel alumina	39
 BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	42
 DAFTAR PUSTAKA	43
 LAMPIRAN	47

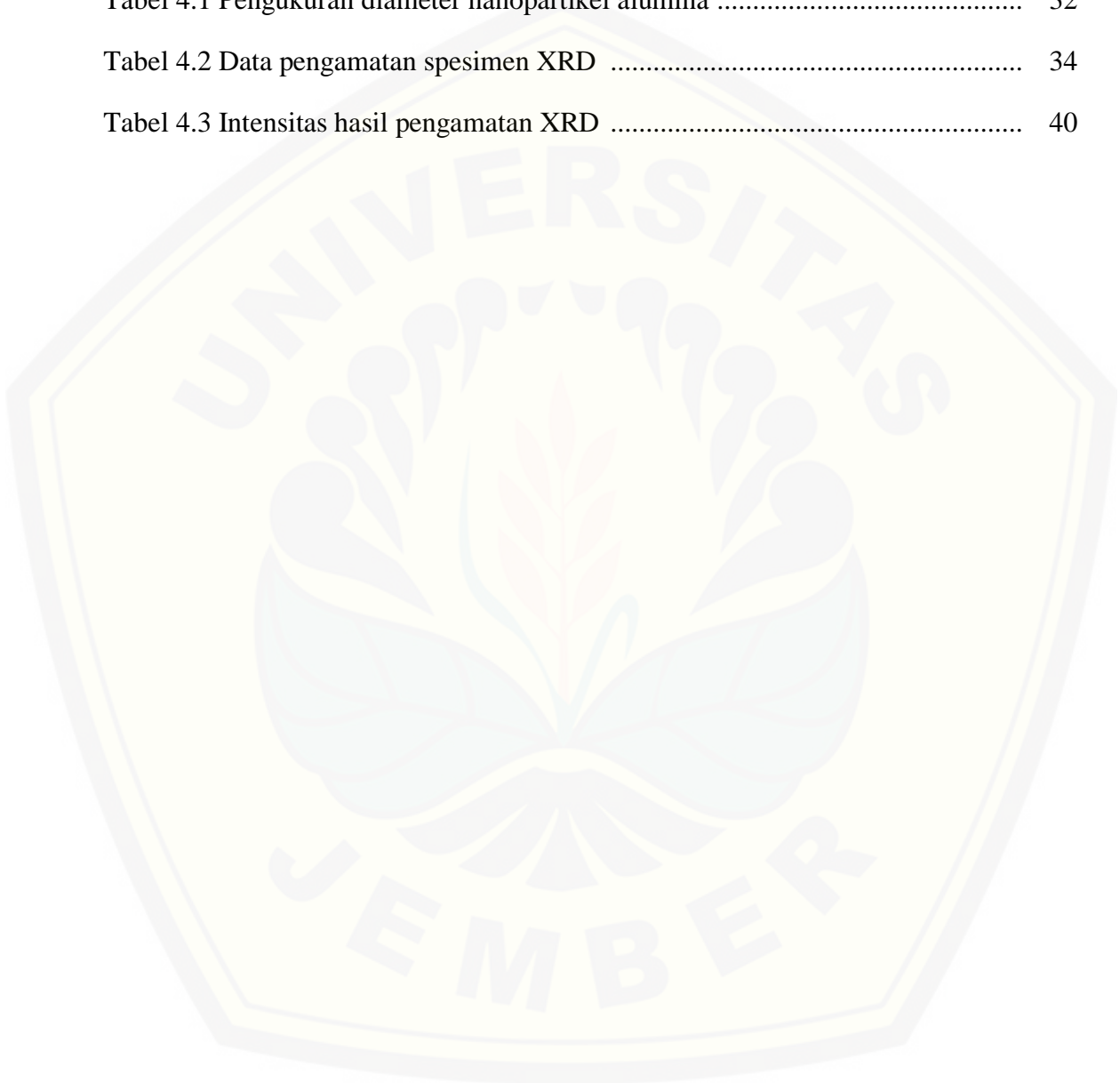
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Macam-macam dimensi nanomaterial	5
Gambar 2.2 Aplikasi nanopartikel	7
Gambar 2.3 Aluminium murni	8
Gambar 2.4 Serbuk aluminium MERCK	10
Gambar 2.5 Serbuk alumina	10
Gambar 2.6 Bentuk struktur kristal alumina	11
Gambar 2.7 Transformasi fase alumina	12
Gambar 2.8 Bentuk truktur kristal fase γ -alumina	13
Gambar 2.9 Bentuk struktur kristal fase δ -alumina	14
Gambar 2.10 Bentuk strukur kristal fase θ -alumina	14
Gambar 2.11 Bentuk struktur kristal fase α -alumina	15
Gambar 2.12 Skema proses perubahan bentuk material pada fase gas	16
Gambar 2.13 Skema dasar pembentukan nanopartikel	16
Gambar 2.14 Skema pembentukan nanopartikel dengan metode <i>thermal plasma</i>	17
Gambar 2.15 Skema <i>torch thermal plasma</i>	18
Gambar 2.16 Hasil pengamatan SEM nanopartikel alumina	20
Gambar 2.17 Hasil pengamatan XRD nanopartikel alumina	21
Gambar 3.1 Skema Mesin <i>DC Thermal Plasma</i>	23
Gambar 3.2 Mesin pengamatan SEM nanopartikel alumina	24
Gambar 3.3 Mesin pengamatan XRD nanopartikel alumina	24
Gambar 3.4 Prosedur penelitian <i>flowchart</i> penelitian	25
Gambar 4.1 Skema pembentukan nanopartikel alumina pada <i>thermal plasma</i>	27
Gambar 4.2 (a) Serbuk aluminium, (b) variasi 4.72 l/min, (c) variasi 5.90 l/min, (d) variasi 7.08 l/min (e) variasi 8.26 l/min	28
Gambar 4.3 Pengamatan SEM nanopartikel alumina variasi 4.72 l/min dan waktu proses 10 detik pembesaran 30.000x	30
Gambar 4.4 Pengamatan SEM nanopartikel alumina variasi 8.72 l/min dan	

waktu proses 40 detik pembesaran 30.000x	31
Gambar 4.5 Perbandingan pengamatan SEM nanopartikel alumina (a) 4.72 l/min (b) 8.26 l/min	33
Gambar 4.6 Pengamatan XRD nanopartikel alumina variasi 4.72 l/min dan waktu proses 40 detik	35
Gambar 4.7 Pengamatan XRD nanopartikel alumina variasi 5.90 l/min dan waktu proses 40 detik	36
Gambar 4.8 Pengamatan XRD nanopartikel alumina variasi 7.08 l/min dan waktu proses 40 detik	37
Gambar 4.9 Pengamatan XRD nanopartikel alumina variasi 8.26 l/min dan waktu proses 40 detik	38
Gambar 4.10 Perbandingan pengamatan XRD nanopartikel alumina variasi laju aliran serbuk aluminium (a) 4.72 l/min (b) 5.90 l/min (c) 7.08 l/min (d) 8.26 l/min	39

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Transformasi suhu dan bentuk struktur kristal	12
Tabel 4.1 Pengukuran diameter nanopartikel alumina	32
Tabel 4.2 Data pengamatan spesimen XRD	34
Tabel 4.3 Intensitas hasil pengamatan XRD	40



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Kandungan Bahan	47
1. Aluminium	47
2. Tembaga	47
B. Alat dan Bahan	49
1. Alat	46
a) Komponen mesin <i>DC Thermal Plasma</i>	51
2. Bahan	56
C. Sample nanopartikel alumina	57
1. Laju aliran serbuk aluminium (4.72, 5.90, 7.08, 8.26) l/min pada waktu proses 10 detik	57
2. Laju aliran serbuk aluminium (4.72, 5.90, 7.08, 8.26) l/min pada waktu proses 20 detik.....	58
3. Laju aliran serbuk aluminium (4.72, 5.90, 7.08, 8.26) l/min pada waktu proses 30 detik	58
4. Laju aliran serbuk aluminium (4.72, 5.90, 7.08, 8.26) l/min pada waktu proses 40 detik	59
D. Hasil Pengamatan XRD	60
1. Laju aliran serbuk aluminium 4.72 l/min dan waktu proses 40 detik	60
2. Laju aliran serbuk aluminium 5.90 l/min dan waktu proses 40 detik	63
3. Laju aliran serbuk aluminium 7.08 l/min dan waktu proses 40 detik	67
4. Laju aliran serbuk aluminium 8.90 l/min dan waktu proses 40 detik.....	71
E. Hasil Pengolahan MDI Jade 6	75
1. Laju aliran serbuk aluminium 4.72 l/min dan waktu proses 40 detik	75
2. Laju aliran serbuk aluminium 5.90 l/min dan waktu proses 40 detik	76
3. Laju aliran serbuk aluminium 7.08 l/min dan waktu proses 40 detik	77
4. Laju aliran serbuk aluminium 8.90 l/min dan waktu proses 40 detik.....	78

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aluminium oksida merupakan bahan rekayasa struktural paling hemat biaya dan banyak digunakan sebagai material keramik. Bahan baku dari material keramik berkinerja tinggi untuk diproduksi dengan mudah dan harganya terjangkau, sehingga menghasilkan nilai alumina yang baik (A. Amirsalari dan S. Farjami Shayesteh, 2015).

Dalam dunia keteknikan, alumina digunakan di berbagai bidang seperti pelapisan, sintesis, dan anoda korban. Hal ini karena alumina mempunyai sifat sangat tahan terhadap asam dan basa, tahan korosi, kekerasan yang tinggi serta ketahanan temperatur yang tinggi (A.I.Y. Tok, F.Y.C. Boey, dan X.L. Zhao, 2006). Alumina banyak diproduksi dalam bentuk nanopartikel dengan skala ukuran 10-100 nm. Serbuk nanopartikel alumina banyak digunakan di dalam dunia industri seperti elektronik, metalurgi dan komposit keramik (Khamirul Amin Matori *et al*, 2012).

Untuk menghasilkan nanopartikel alumina dapat dengan cara sintesis, terdapat berbagai macam metode untuk proses sintesis alumina salah satunya dengan metode *DC thermal plasma*. Metode ini paling efektif untuk menghasilkan berbagai fase yang berbeda, suhu yang sangat tinggi terdapat di dalam *reactor* yang memudahkan bahan membentuk fase uap yang mengakibatkan terjadinya pertumbuhan kristal setelah melewati proses pendinginan cepat didalam *reactor* (K. Suresh, V. Selvarajan, M. Vijay, 2008).

Metode *DC thermal plasma* menggunakan berbagai jenis elektroda sebagai penghantar listrik antara katoda dan anoda yang menimbulkan percikan api akibat konsleting kemudian didorong oleh gas oksigen untuk menyemburkan api pada *torch plasma*, sehingga pada proses *DC thermal plasma* partikel mengalami pertumbuhan kristal yang dapat merubah fase. Proses pertumbuhan kristal terjadi akibat suhu proses sangat tinggi dan memungkinkan pembentukan transisi fase karena tingginya proses pendinginan didalam *reactor* (B. Bora, *et al*, 2012).

Dari perbedaan bentuk struktur kristal alumina mempunyai beberapa bentuk kristal diantaranya yaitu (α , θ , ϑ , dan γ) alumina. Contoh bentuk struktur kristal dari

α -alumina adalah *hexagonal* begitupun yang lainnya bentuk struktur kristalnya mengalami transisi atau mengalami perubahan bentuk akibat terjadinya dekomposisi *thermal* (Takashi Shirai *et al*, 2009).

Pada penelitian sebelumnya pertumbuhan kristal alumina yang didapat pada metode *DC thermal plasma* dapat dikontrol dengan mengatur laju aliran oksigen, laju aliran serbuk, waktu proses dan arus pada mesin *DC thermal plasma* (Dirgantara, 2016) dan (Rochman H. A., 2017). Penelitian sebelumnya menghasilkan fase θ -alumina ukuran 21 nm diperoleh dengan laju aliran gas oksigen 16.5 l/min dan laju aliran serbuk 7.08 l/min, fase ϑ -alumina ukuran 32,15 nm diperoleh dengan laju aliran gas oksigen 16.5 l/min dan laju aliran serbuk 4.72 l/min, sedangkan ukuran γ -alumina ukuran 20,52 nm diperoleh dengan laju aliran oksigen 25.9 l/min dan laju aliran serbuk 4.72 l/min (Rochman H. A., 2017).

Untuk menghasilkan sebuah fase pada alumina perlu adanya pengontrolan parameter proses diantaranya laju aliran oksigen, laju aliran serbuk dan waktu proses sehingga pada penelitian kali ini akan dilakukan dengan parameter proses variasi pada laju aliran serbuk dan waktu proses agar terbentuk fase dan struktur kristal pada nanopartikel alumina.

1.2 Rumusan masalah

Dari latar belakang diatas terdapat permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi laju aliran serbuk aluminium (4.72, 5.90, 7.08, 8.26) l/min terhadap *agglomeration* pada nanopartikel alumina dengan metode *DC thermal plasma*?
2. Bagaimana pengaruh variasi waktu proses (10, 20, 30, 40) detik terhadap ukuran diameter rata-rata nanopartikel alumina dengan metode *DC thermal plasma*?
3. Bagaimana pengaruh variasi laju aliran serbuk aluminium (4.72, 5.90, 7.08, 8.26) l/min terhadap fase nanopartikel alumina dengan metode *DC thermal plasma*?
4. Bagaimana pengaruh variasi waktu proses (10, 20, 30, 40) detik terhadap intensitas nanopartikel alumina dengan metode *DC thermal plasma*?

1.3 Batasan masalah

Untuk memfokuskan permasalahan yang akan dianalisis dalam penelitian ini, maka terdapat batasan masalah sebagai berikut:

1. Arus yang digunakan pada *DC Rilon Cutting 40* sebesar 20 ampere.
2. Laju aliran gas oksigen pada plasma yang digunakan yaitu 25.96 l/min.
3. Laju aliran serbuk yang digunakan yaitu (4.72, 5.90, 7.08, 8.26) l/min.
4. Waktu yang digunakan pada proses pembuatan nanopartikel alumina yaitu (10, 20, 30, 40) detik.
5. Menggunakan serbuk aluminium merk MERC dengan kadar 97.1 %.
6. Menggunakan elektroda tembaga.
7. Membuktikan ukuran diameter partikel alumina masih skala nanometer.
8. Mencari fase yang terbentuk pada nanopartikel alumina.
9. Pengamatan menggunakan SEM dan XRD.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi laju aliran serbuk aluminium (4.72, 5.90, 7.08, 8.26) l/min terhadap *agglomeration* pada nanopartikel alumina dengan metode *DC thermal plasma*
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi waktu proses (10, 20, 30, 40) detik terhadap ukuran diameter rata-rata nanopartikel alumina dengan metode *DC thermal plasma*
3. Untuk mengetahui pengaruh variasi laju aliran serbuk aluminium (4.72, 5.90, 7.08, 8.26) l/min terhadap fase nanopartikel alumina dengan metode *DC thermal plasma*
4. Untuk mengetahui pengaruh variasi waktu proses (10, 20, 30, 40) detik terhadap intensitas nanopartikel alumina dengan metode *DC thermal plasma*

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui pengaruh variasi laju aliran serbuk aluminium (4.72, 5.90, 7.08, 8.26) l/min terhadap *agglomeration* pada nanopartikel alumina dengan metode *DC thermal plasma*
2. Dapat mengetahui pengaruh variasi waktu proses (10, 20, 30, 40) detik terhadap ukuran diameter rata-rata nanopartikel alumina dengan metode *DC thermal plasma*
3. Dapat mengetahui pengaruh variasi laju aliran serbuk aluminium (4.72, 5.90, 7.08, 8.26) l/min terhadap fase nanopartikel alumina dengan metode *DC thermal plasma*
4. Dapat mengetahui pengaruh variasi waktu proses (10, 20, 30, 40) detik terhadap intensitas nanopartikel alumina dengan metode *DC thermal plasma*

1.6 Hipotesis

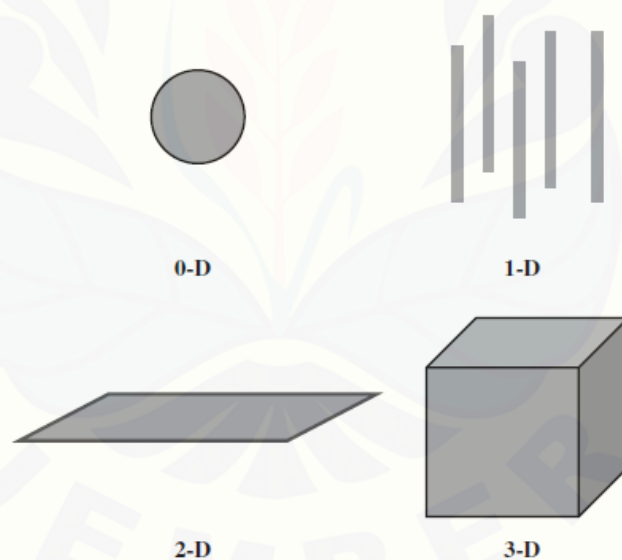
Tingginya laju aliran serbuk aluminium dan waktu proses yang lebih lama akan menyebabkan serbuk aluminium semakin lama meninggalkan api plasma sehingga akan menghasilkan nanopartikel alumina dengan bentuk fase δ -alumina sedangkan laju aliran serbuk yang rendah dan waktu proses yang rendah dapat menghasilkan fase γ -alumina karena serbuk aluminium akan cepat meninggalkan api plasma sehingga penelitian ini akan menghasilkan fase metastabil secara keseluruhan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

4.1 Nanomaterial

Nanomaterial adalah material yang dilakukan dengan cara sintetis dan karakterisasi yang mengakibatkan perubahan bentuk ukuran pada material (Rao *et al*, 2004). Nanomaterial mempunyai sifat material yang unik dalam segi ukuran dan dimensi, dimana nano material ini menentukan batas ukuran dan formasi pada kristal ukuran nano.

Pada umumnya nanomaterial diklasifikasikan dengan bentuk dan dimensinya. Terdapat berbagai macam dimensi dari nanomaterial yaitu *zero-dimensional (nanoparticle)*, *one-dimensional (nanowires)*, *two-dimensional (nanostructure thin films)*, dan *three-dimensional (nanostructured)* ditunjukkan pada gambar 2.1 (K. P. Jayadevan dan T. Y. Tseng, 2004).



Gambar 2. 1 Macam-macam dimensi nanomaterial (K. P. Jayadevan dan T. Y. Tseng, 2004)

Nanopartikel merupakan material dengan bentuk *zero-dimension (0D)* dimana semua dimensi linier dengan karakteristik yang dimiliki sama besarnya (tidak lebih dari 100 nm). Dalam hal tersebut diartikan bahwa material nanopartikel mempunyai ukuran skala nanometer antara 1-100 nm. Nanopartikel ini memiliki susunan atom (ion) yang jelas biasa disebut dengan *nanocrystal*. Terkait dalam hal ini nanopartikel

mempunyai sifat dan karakteristik yang berbeda dengan partikel yang lebih besar (Poole *et al*, 2003).

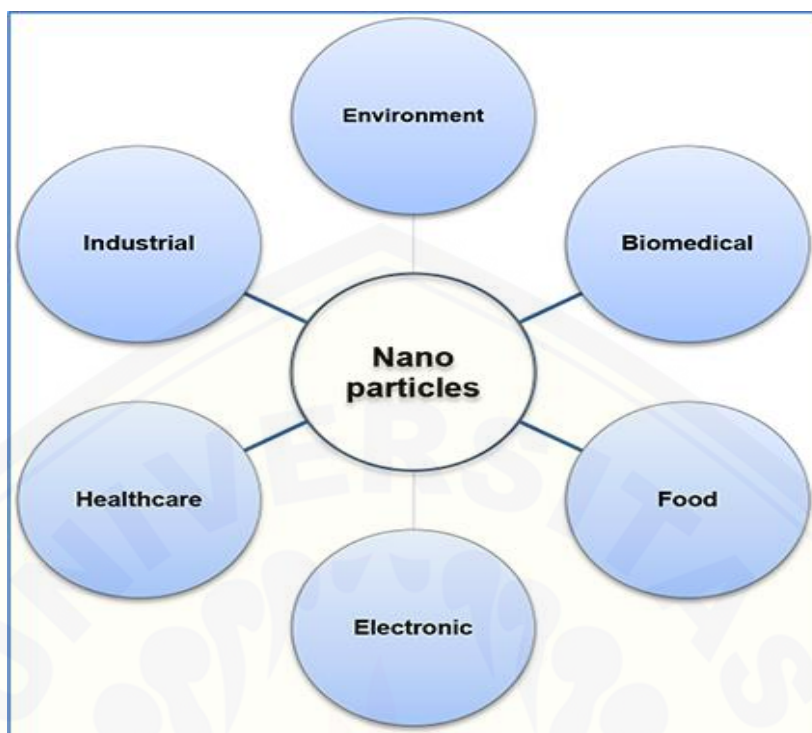
Terdapat karakteristik yang berbeda antara nanopartikel dan *bulk* material (ukuran mikron) yaitu dari segi ukuran nanopartikel mempengaruhi sifat dari material. Disisi lain karena adanya rasio tinggi volume permukaan atom yang mendominasi sifat partikel dipermukaan atom. Oleh sebab itu nanopartikel menunjukkan peningkatan sifat mekanis yang disebabkan oleh ukuran kristal yang kecil sehingga tidak memungkinkan terjadinya retak kritis (Ashby *et al*, 2009).

4.1.1 Metode fabrikasi nanopartikel

Pembuatan nanomaterial secara umum dapat dilakukan dengan metode pendekatan *top down* dan *bottom up*. Metode *top down* yaitu ukuran skala besar direduksi dalam ukuran kecil sampai menjadi nanomaterial dengan mekanik, kimia, atau metode fisik. Sedangkan metode *bottom up* yaitu komponen atom atau molekul dirakit melalui reaksi kimia atau fisik untuk menghasilkan struktur nano. Metode *bottom up* banyak digunakan oleh industri nanomaterial dengan cara sintesis. Sedangkan metode *top down* digunakan dengan cara menghancurkan atau menggiling bahan secara masal. Kedua metode ini mempunyai kelebihan dan kekurangan tersendiri dimana prosesnya selain murah juga sudah umum dilakukan oleh para peneliti, akan tetapi partikel yang dihasilkan dengan metode *bottom up* kisaran ukuran 1-100 nm sedangkan metode *top down* menghasilkan partikel berupa *polydispersed* dengan ukuran rata-rata >800 nm. (Dolez, 2015).

4.1.2 Aplikasi nanopartikel

Nanopartikel mempunyai kegunaan yang sangat melimpah dalam lingkungan manusia sehingga banyak peneliti yang bersaing dalam pengembangan nanopartikel. Nanopartikel ini sangat menguntungkan bagi kalangan industri manufaktur karena nanopartikel dapat diaplikasikan di berbagai bidang yang dapat ditunjukkan pada gambar 2.2 (A. Ahmad, V. N. Kalevaru and M. Andreas , 2016).



Gambar 2. 2 Aplikasi Nanopartikel (A. Ahmad, V. N. Kalevaru and M. Andreas , 2016).

Dilihat dari gambar 2.2 dapat menunjukkan bahwa nanopartikel sudah berkembang pesat dimana nanopartikel dapat di aplikasikan dalam berbagai bidang dalam arti luas. Pada tahun 1700an nanopartikel hanya dapat digunakan pada tembikar, genteng dan kaca yang berkualitas tinggi (A. Ahmad, V. N. Kalevaru and M. Andreas , 2016).

Sedangkan dalam nanopartikel alumina juga mempunyai beberapa kegunaan pada bidang-bidang tertentu seperti :

1. Elektronik

Pada bidang ini nanopartikel alumina dapat diaplikasikan pada komponen seperti transmisi listrik atau penyangga kabel listrik. Fungsi dari adanya nanopartikel alumina ini agar aman untuk manusia pada saat listrik sedang mengalir. Hal ini karena alumina mempunyai sifat isolator yang baik dimana alumina yang terbentuk pada suhu diatas 1000 °C (P. Kathirvel *et al*, 2014).

2. Komposit

Pada bidang komposit nanopartikel alumina dapat diaplikasikan pada komposit logam yaitu pada bidang otomotif (safferfield, 1980). Hal ini dikarenakan

penggabungan nanopartikel alumina dengan logam yang dipanaskan dengan suhu tertentu. Dalam produk ini alumina berperan sebagai matrik pada logam dimana nanopartikel alumina ini akan berpengaruh pada sifat mekanik material dan sifat thermal material karena alumina sendiri mempunyai sifat kekerasan yang tinggi, thermal yang baik, serta kekuatan mekanik yang baik sehingga dapat memberikan kualitas produk yang baik dan berkualitas (F. Mirjalili, H. Mohamad, L. Chuah, 2011).

3. Pelapisan

Pada bidang pelapisan nanopartikel alumina digunakan sebagai media untuk mencegah terjadinya korosi pada setiap material serta untuk menjaga material tahan dari perlakuan panas sehingga dapat membuat umur material lebih panjang dari semestinya. Dalam hal ini biasanya digunakan pada insustri perminyakan dimana media pelapisan ini adalah pencegahan utama yang dilakukan agar tidak menghambat dari proses pekerjaan yang ada (M. Daroonparvar *et al*, 2013)

4.2 Aluminium

Aluminium adalah logam ringan yang sangat penting di bidang manufaktur, karena aluminium memiliki sifat serba guna serta banyak diaplikasikan pada penggunaan paduan pada material lain di industri yang berbeda-beda. Dasar-dasar metalurgi aluminium memberikan gambaran menyeluruh tentang produksi dimana penerapannya di industri manufaktur. Aluminium merupakan material paling berlimpah di kerak bumi setelah oksigen dan silikon (L Roger, 2010). Contoh material aluminium seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Aluminium murni (Stenna aluminium AB, 2007)

Aluminium ditemukan oleh Sir Humphrey pada tahun 1809 sebagai unsur dan pertama kali direduksi sebagai logam oleh H.C Oersted pada tahun 1825. Secara industri tahun 1886, Paul Herroult di Perancis dan C.M Hall di Amerika Serikat memperoleh logam aluminium dari alumina dengan cara elektrolisis. Sampai sekarang proses Hall-Herroult masih digunakan untuk memproduksi aluminium. Penggunaan aluminium sebagai logam menempati peringkat ke dua setelah besi dan baja. Produksi aluminium tahunan di dunia mencapai 25,51 juta ton per tahun pada tahun 2016 (Prof. Dr. Shinroku saito dan Prof. Ir. Tata Surdia, M.S. Met. E, 2000).

Aluminium selain ringan juga mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik. Sifat mekaniknya juga bertambah dengan adanya penambahan unsur Mg, Cu, Mn, Si, Ni, dsb. Aluminium tidak hanya digunakan sebagai peralatan dapur, namun juga dalam dunia industri, konstruksi, dan otomotif (Prof. Dr. Shinroku saito dan Prof. Ir. Tata Surdia, M.S. Met. E, 2000).

4.2.1 Serbuk Aluminium

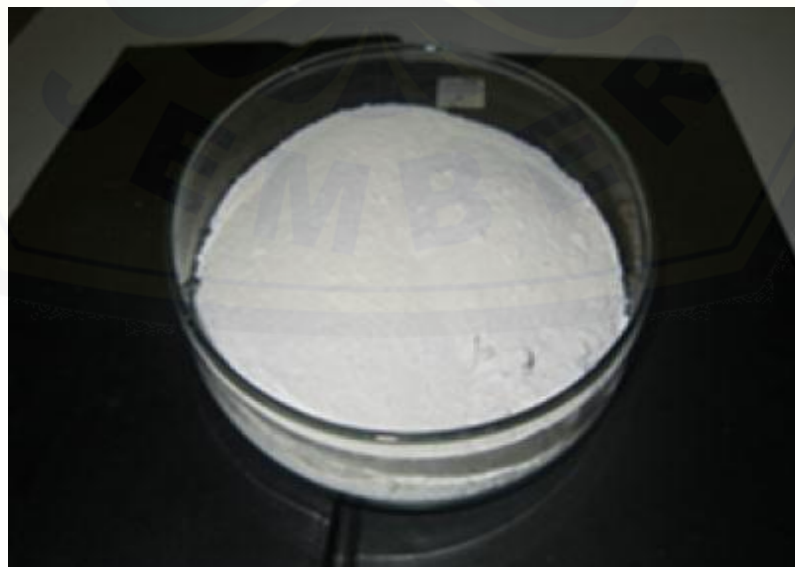
Serbuk aluminium merupakan partikel kecil skala mikron yang dikarakterisasi dari lelehan logam panas dengan memperhatikan atomisasi udara komersial (CAA) atau atomisasi gas inert komersial (CIGA). Dalam kedua kasus tersebut, arah atomisasi logam cair adalah horisontal atau vertikal dimana pemilihan posisi atomisasi bergantung pada tingkat produksi yang diinginkan agar terdistribusi ukuran serbuk secara langsung. Pada proses pembuatan serbuk aluminium ini logam cair disiapkan dalam tungku untuk penahanan suhu dan dipindahkan keruang lelehan atomisasi. Logam cair memiliki *superheat* 100 °C sampai 150 °C yang memungkinkan pembekuan aluminium cair di tabung tuang sebelum meleleh disemprotkan keluar dengan bantuan *nossel* pada tekanan tertentu. Kemudian tetesan serbuk aluminium sebelum tertangkap wadah terjadi pendinginan dengan suhu ruang dan kemudian masuk pada wadah yang sudah disediakan pada mesin. Serbuk aluminium biasanya diaplikasikan untuk penggunaan cat mobil, peledak, serta sebagai paduan material lain (Anderson, 1998).



Gambar 2. 4 Serbuk aluminium Merck (Dirgantara, 2016)

4.3 Alumina

Alumina merupakan partikel yang diproses dengan cara sintesa dan karakterisasi sehingga terjadi oksidasi antara senyawa aluminium dan oksigen. terbentuknya alumina akibat adanya perlakuan panas sehingga terjadi transisi pada setiap temperatur yang digunakan dimana dalam setiap proses menghasilkan beberapa fase alumina dari alumina awal yang tergolong fase metastabil hingga alumina pada fase stabil yang sangat berguna dalam dunia industri (A. Amirsalari dan S. Farjami Shayesteh, 2015).

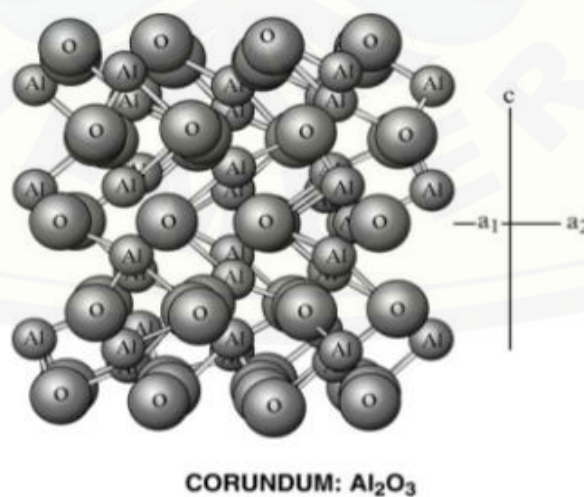


Gambar 2. 5 Serbuk Alumina (Singh, I. B *et al*, 2015)

Aluminium oksida memiliki bermacam kelebihan pada sifat *thermal*, kimia, dan fisiknya, bila dibandingkan dengan beberapa bahan keramik lainnya. Dalam hal ini alumina memiliki warna putih dengan massa molar sebesar $101,96 \text{ g/mol}^{-1}$ dan kerapatan $3,95\text{-}4,1 \text{ g cm}^{-3}$. Pada sifat *thermal*, alumina mempunyai titik lebur dan titik didih yang tinggi, masing-masing 2072°C dan 2977°C sehingga material ini sangat berguna sebagai material tahan api dan lapisan tungku khusus (Khamirul Amin Matori *et al*, 2012).

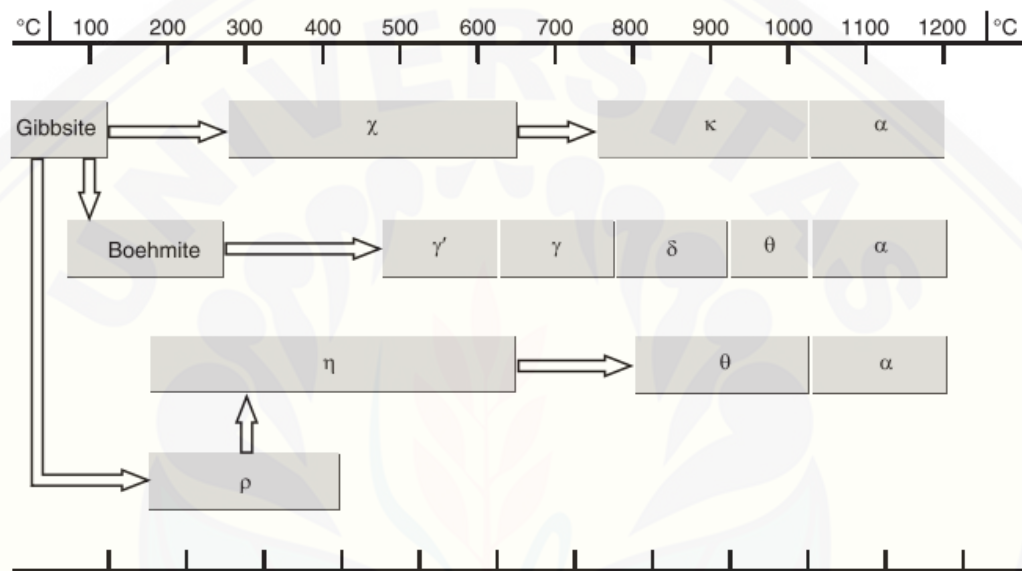
Alumina mempunyai karakteristik tersendiri dimana alumina mempunyai kekerasan tinggi, modulus elastisitas yang tinggi, kekuatan mekanik yang sangat baik, tahan terhadap suhu tinggi serta tahan terhadap korosi (F. Mirjalili, H. Mohamad, L. Chuah, 2011). Pada bidang industri lebih dari sekitar 45 Juta ton Al_2O_3 diproduksi dan dipasarkan ke berbagai dunia dan Sekitar 1,5 juta ton Al_2O_3 digunakan sebagai serbuk mentah di dunia (Takashi Shirai *et al*, 2009).

Alumina mempunyai struktur kristal awal yaitu *corundum* ditunjukkan pada gambar 2.6 dan struktur kristal lain tergantung dari fase yang terbentuk. Fase alumina dapat diperoleh dengan proses perlakuan panas pada suhu tertentu sehingga akan mengalami transisi fase diantaranya yaitu γ (gamma), δ (delta), θ (theta), α (alpha) (S. Balaraman, B. Iruson, S. Kandasamy, 2013).



Gambar 2. 6 Bentuk struktur kristal alumina (James F. sackelford dan Robert H. doremus, 2008)

Alumina mengalami transformasi fase ditunjukkan pada gambar 2.7 dimana transformasi fase terjadi akibat perlakuan panas yang semakin meningkat dengan fase transisi awal yaitu γ -alumina yang biasa disebut dengan fase metastabil sampai menuju ke fase α -alumina yang biasa disebut dengan fase stabil dengan memanfaatkan suhu pemanasan yang tinggi (S. Balaraman, B. Iruson, S. Kandasamy, 2013).



Gambar 2. 7 Transformasi fase alumina (Takashi Shirai et al, 2009).

Dari gambar 2.7 untuk membentuk α -alumina membutuhkan suhu tinggi sebesar 1200°C . Terdapat batasan-batasan suhu tertentu pada setiap fase serta bentuk struktur kristal dalam setiap transformasi fase .

Berikut ini adalah gambar 2.8 yang akan memberikan keterangan batasan suhu serta bentuk kristal disetiap transformasi fase.

Tabel 2. 1 Transformasi suhu dan bentuk struktur kristal (Jitendra Gangwar et al, 2015)

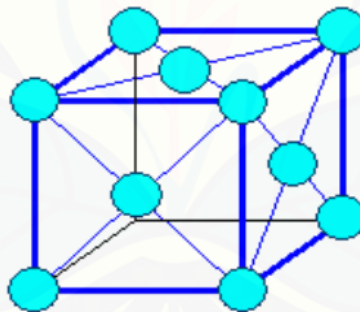
Phase (structure)	Transformation temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Transform to
η (cubic)	600-800	δ (tetragonal)
χ (cubic)	650-750	κ (orthorhombic)
γ (cubic)	700-800	θ (monoclinic)
κ (orthorhombic)	900-1050	α (hexagonal)
δ (tetragonal)	900-1000	θ (monoclinic)
θ (monoclinic)	1000-1100	α (hexagonal)
α (hexagonal)	2072	Liquid

Menurut Tabel 2.1 menunjukkan bahwa setiap perpindahan fase ke fase lain terdapat batasan suhu dan bentuk struktur kristal tertentu. Tulisan tebal yang ada dalam tabel 2.1 menunjukkan bahwa pada suhu 2072°C adalah fase paling stabil (Jitendra Gangwar *et al*, 2015).

Dari berbagai macam fase yang disebutkan diatas dapat di jelaskan sebagai berikut

a. Fase γ -alumina

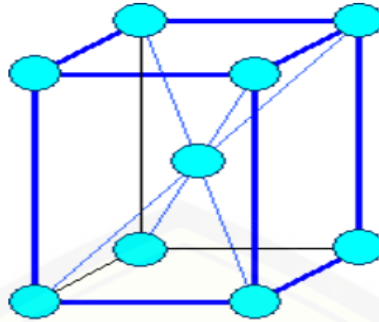
Fase γ -alumina merupakan fase metastabil yang dihasilkan akibat perlakuan panas dengan suhu pemanasan $400-700^{\circ}\text{C}$. Fase ini biasanya digunakan sebagai katalisator dan pendukung katalis karena sel unit γ -alumina memiliki area spesifik yang besar dan juga memiliki energi permukaan rendah sehingga fase γ -alumina tidak digunakan pada aplikasi suhu tinggi karena fase ini berubah menjadi fase stabil pada suhu tinggi (yaitu α -alumina). γ -alumina merupakan bahan teknologi yang sangat penting dalam dunia industri. Contoh aplikasi yang dominan memakai γ -alumina yaitu dibidang keramik serta untuk proses otomotif (J. M. McHale *et al*, 1997).



Gambar 2. 8 Bnetuk struktur kristal fase γ -alumina (K. Jiang *et al*, 2010).

b. Fase δ -alumina

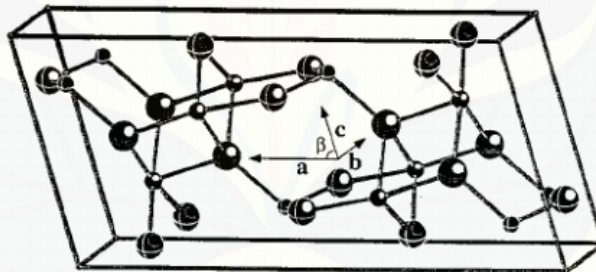
Fase δ -alumina merupakan fase metastabil yang didapat akibat tranformasi dari fase γ -alumina akibat perlakuan panas dengan suhu pemanasan $800-900^{\circ}\text{C}$. Dalam proses ini dapat menghasilkan bentuk struktur kristal δ -alumina yaitu *tetragonal* ditunjukkan pada gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Bentuk struktur kristal fase θ -alumina (K. Jiang *et al*, 2010).

c. Fase θ -alumina

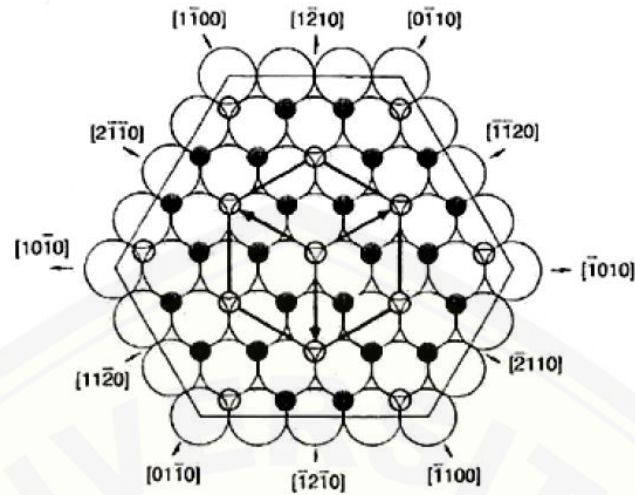
Fase θ -alumina merupakan fase yang terbentuk akibat proses perlakuan panas dengan suhu pemanasan 900-1000°C dengan bentuk kristal *monoclinic* ditunjukkan pada gambar 2.10. Fase ini masih dikatakan fase metastabil karena salah satu fase paling stabil yaitu α -alumina. Fase θ -alumina ini dapat digunakan dalam bidang elektronik maupun optik.



Gambar 2. 80 Bentuk struktur kristal fase θ -alumina (Ching, 2016).

d. Fase α -alumina

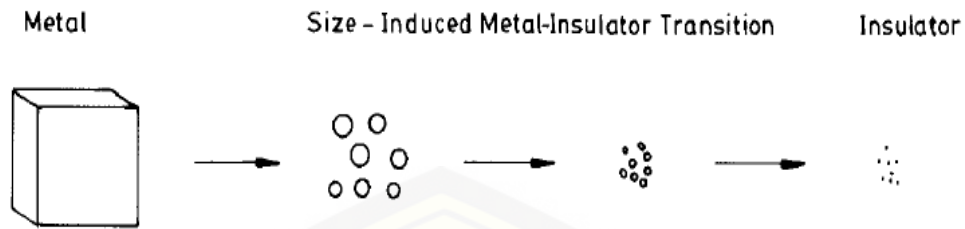
Fase α -alumina merupakan fase paling stabil, sehingga dapat digunakan sebagai lapisan untuk menjaga agar permukaan material tetap aman dari keausan. Fase ini terbentuk akibat transformasi dari fase sebelumnya dengan suhu pemanasan 1000-1100°C. Fase α -alumina digunakan sebagai keramik struktural karena memiliki sifat mekanik yang baik dan juga sifat *thermal* yang sangat baik pada suhu tinggi. Pada tahapan ini fase α -alumina mempunyai kristal tunggal yang disebut *hexagonal* atau *safir* ditunjukkan pada gambar 2.11 (Gitzen, 1970).



Gambar 2. 11 Bentuk struktur kristal fase α -alumina (W. E. Lee dan P. D. Lagerlof, 1985).

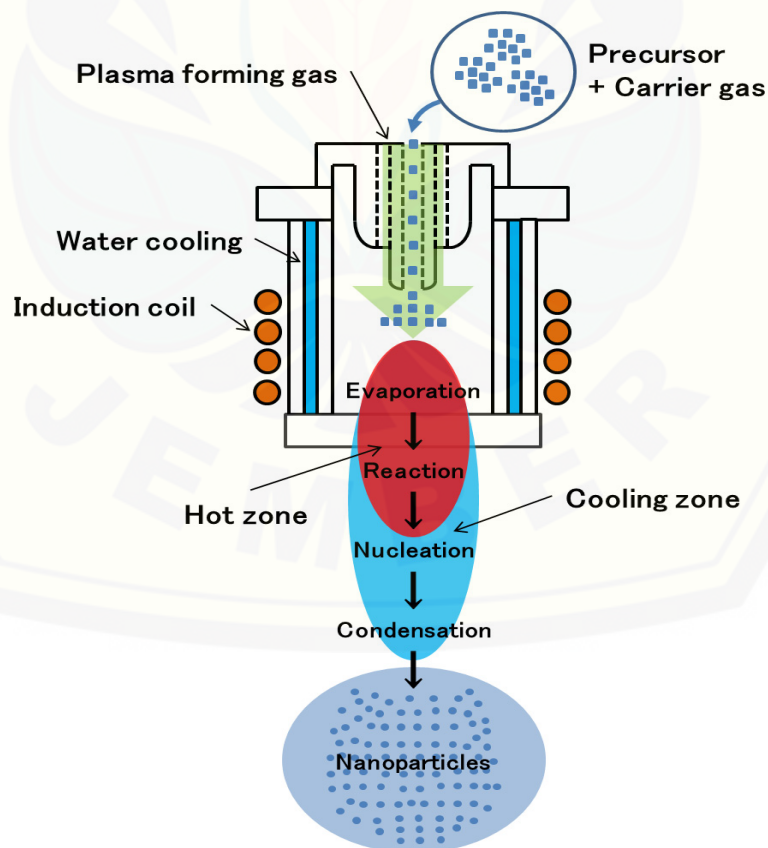
4.4 Metode Pembuatan Nanopartikel Alumina

Pembuatan nanopartikel alumina dilakukan dengan cara sistesis material skala mikron dan merubah dengan ukuran skala nanometer. Ada beberapa metode untuk sintesis nano-alumina dimana metode tersebut dikategorikan dengan metode fisik dan kimia. Metode fisik meliputi *mechanical milling*, *laser ablation*, *flame spray* dan *thermal plasma*. Metode kimia meliputi *sol-gel processing*, *solution combustion decomposition* dan *vapour deposition* (A.I.Y. Tok , F.Y.C. Boey, X.L Zhao, 2006). Dari berbagai macam metode diatas metode *thermal plasma* telah banyak dilakukan oleh para peneliti karena memiliki potensi dalam hal sintesa naopartikel maupun deposisi lapisan struktur skala nano. Pada proses *thermal* nanopartikel dapat disintesis melalui beberapa cara, yaitu metode fasa gas, liquid, dan solid ditunjukkan pada gambar 2.12. Dari tiga metode tersebut, sintesis dengan fasa gas memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode non gas lain seperti produk yang memiliki kemurnian tinggi, produk yang dihasilkan mudah untuk terpisah, pengolahan yang kontinyu, dan produk yang dihasilkan dapat dikontrol.



Gambar 2. 12 Skema proses perubahan bentuk material dengan fase gas (C. N. Ramachandra Rao *et al*, 1999).

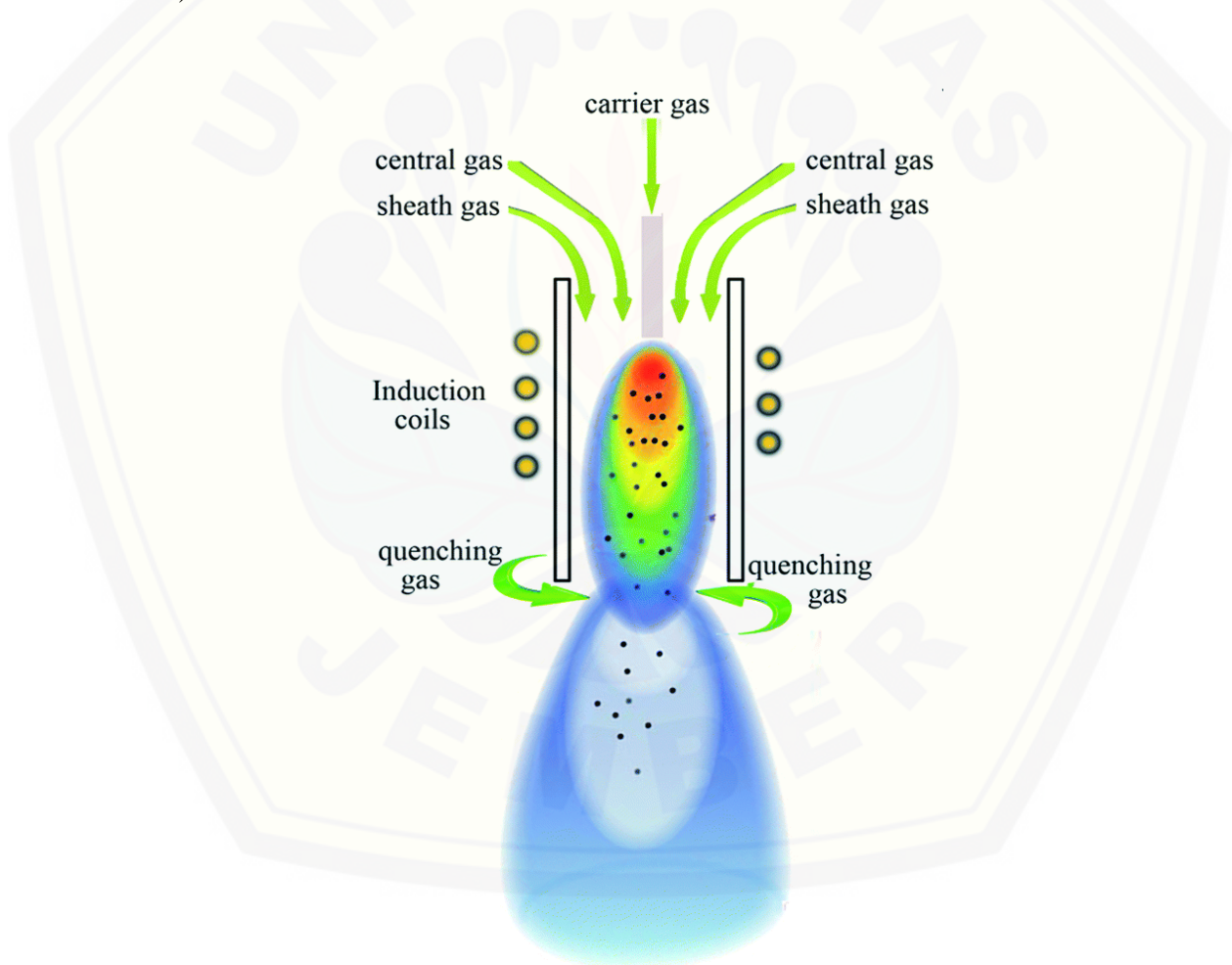
Proses sintesis fase gas yaitu pertama-tama bertujuan mengubah material dari padat ukuran besar, uap dan padat ukuran kecil ditunjukkan pada gambar 2.13. Ketika suhu menurun uap jenuh akan terbentuk, sehingga terjadi proses nukleasi homogen berlangsung. Proses uap jenuh yang tinggi diperlukan untuk terjadinya nukleasi homogen untuk menghasilkan partikel kecil.



Gambar 2. 13 Skema dasar pembentukan nanopartikel (Yuto Hiragino *et al*, 2016).

4.4.1 *Thermal plasma*

Thermal plasma merupakan sumber energi serbaguna dimana alat ini sangat efisien untuk sintesis nanopartikel logam dan oksida logam secara masal. *Thermal plasma* ditunjukkan pada gambar 2.14 yang mengarahkan untuk mengatur perubahan fase, ukuran, bentuk, struktur permukaan, dan kemurnian. Proses ini terjadi didalam reaktor *thermal plasma* yang mempunyai api plasma dengan panjang sekitar 5-10 cm dan diameter sekitar 1 cm serta terdapat ruang pendingin air berdingding ganda. *Torch plasma* adalah tempat penyalaan api plasma pertama kalinya sehingga menimbulkan kenaikan suhu api dengan bantuan bantuan gas oksigen (Vikas L. Mathea *et al*, 2016).

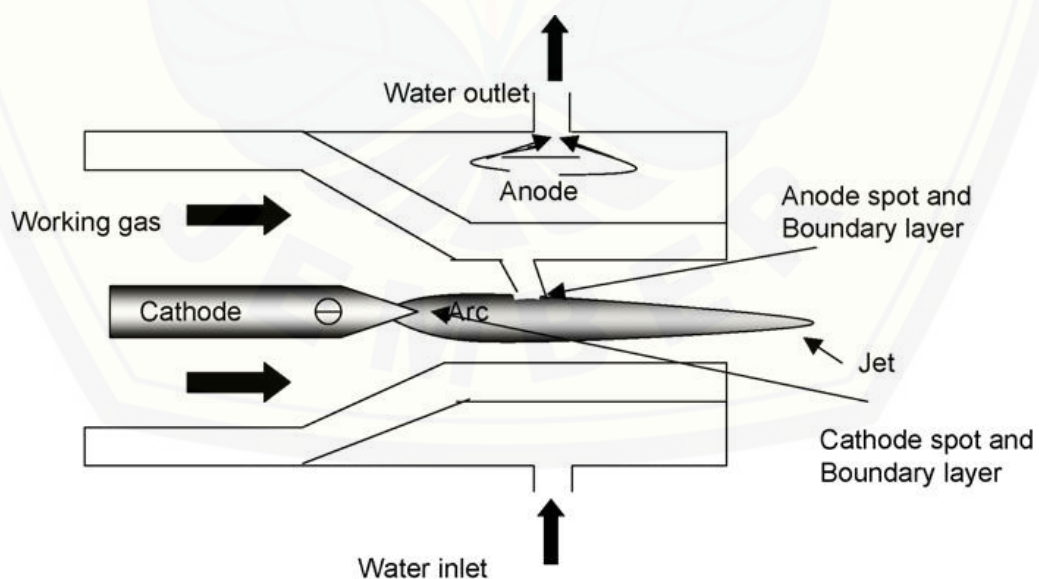


Gambar 2. 14 Skema pembentukan nanopartikel dengan metode *thermal plasma* (P. Kong dan A. Kawczak, 2008).

Sintesis dengan *thermal plasma* bertujuan menghasilkan partikel berukuran nano dengan memanfaatkan busur api pada *torch plasma*. *Thermal plasma* terbentuk akibat konsleting antara anoda dan katoda serta adanya gas oksigen yang menimbulkan busur api menyala, konsleting tersebut terjadi akibat adanya aliran listrik yang mengalir pada anoda dan katoda. Proses *thermal plasma* memberikan suhu tinggi didalam *reactor* terhadap material sehingga terjadi perubahan fase dari padat menjadi fase uap. Kemudian, terjadi proses *quenching* yang mengakibatkan fase uap menjadi fase padat dengan hasil material nanopartikel (K. Suresh, V. Selvarajan, M. Vijay, 2008) .

Pada proses sintesis dengan metode *thermal plasma* dilihat dari prekursor terdapat perbedaan dalam tahap prosesnya seperti gambar 2.14, dimana proses *thermal plasma* menggunakan gas, padat dan cair agar membentuk material nanopartikel.

Thermal plasma terdiri dari dua elektroda konduktif katoda (elektroda negatif) dan anoda (elektroda positif) yang dipisahkan oleh isolator. Gas yang membentuk plasma (*forming gas*) mengalir diantara dua elektroda yang mengakibatkan peningkatan suhu yang tinggi.



Gambar 2. 15 Skema *torch thermal plasma* (E. Gomez *et al*, 2009).

Gambar 2.15 menunjukkan kedua elektroda (katoda dan anoda) yang ditempatkan pada *torch* plasma diberi arus listrik searah (DC) sehingga terjadi konsleting yang menimbulkan munculnya busur listrik (*arc*). Kemudian terdapat aliran oksigen yang mengalir pada area konsleting anoda dan katoda sehingga terbentuk menjadi api plasma.

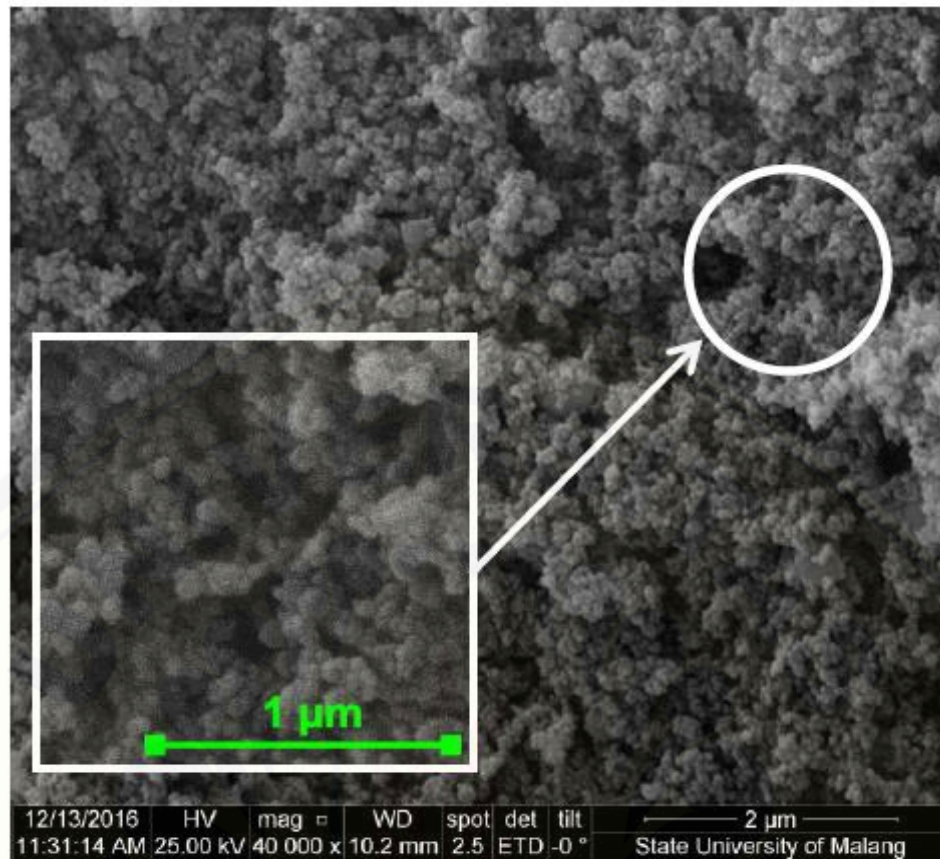
4.5 Pengamatan

Pengamatan merupakan suatu upaya yang dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari sebuah penelitian yang didasarkan oleh *standart* pengujian yang berlaku. Terdapat beberapa pengujian untuk mengetahui keberhasilan dalam pembuatan nanopartikel serta untuk dapat mengetahui ukuran, kemurnian dan fase yang didapat dari material nanopartikel.

4.5.1 SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

SEM (*Scanning Electron Microscopy*) adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengamati material dimana alat ini memancarkan sinar elektron dari katoda dengan tegangan 0.5-30 Kv yang diarahkan pada permukaan material dengan bantuan 2 lensa yaitu lensa kondensor dan obyektik yang memfokuskan pada permukaan spesimen sehingga dapat menghasilkan gambar yang sangat tajam (Reichelt, 2008).

Kelebihan SEM dapat menghasilkan berkas elektron dengan ukuran sampai 5-10 nm dan memiliki lensa fokal yang lebih panjang sehingga memungkinkan jarak kerja terhadap spesimen lebih efisien dalam pengambilan gambar yang direkam oleh detektor pada ujung lensa. Pengamatan SEM dilakukan dengan menghubungkan mesin pada PC yang bertujuan agar PC dapat mengendalikan berkas elektron serta agar maksimal dalam pengambilan gambar digital pada permukaan sampel (Reichelt, 2008).

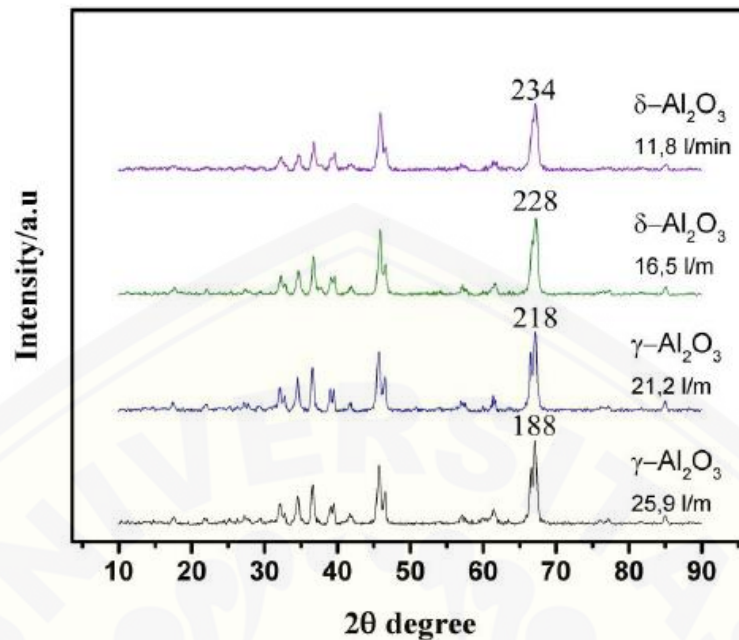


Gambar 2. 16 Hasil pengamatan partikel alumina SEM (Rochman H. A., 2017).

Gambar 2.16 menunjukkan hasil pengamatan SEM dari nanopartikel alumina dengan menggunakan elektroda grafit dan laju gas oksigen 25,91/min pada pembesaran 40.000 kali. Pada gambar 2.16 pengujian SEM terdapat bagian terlingkari pada material yang menunjukkan pertumbuhan nanopartikel paling banyak (Rochman H. A., 2017).

4.5.2 XRD (*X-Ray Diffraction*)

Sinar-X merupakan pengamatan yang memanfaatkan sinar *photon* sehingga terjadi radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang sekitar 100 pm yang dihasilkan dari penembakkan elektron berenergi tinggi mengelilingi permukaan sampel. Pengamata (XRD) dilakukan untuk mengetahui fase kristal yang terbentuk pada suatu material padat dengan tujuan untuk memastikan bahwa material sudah memiliki fase *amorf* atau kristal. Pada hasil pengamatan XRD yang di hubungkan dengan PC juga dapat mengetahui struktur kristal yang terbentuk, berupa parameter kisi dan jenis struktur (Smallman, R.E. dan Bishop, R.J., 2000).



Gambar 2. 17 Hasil pengamatan XRD nanopartikel alumina (Rochman H. A., 2017).

Pada pengamatan XRD gambar 2.17 dapat menunjukkan bahwa pada variasi laju aliran oksigen 11.81/min diperoleh fase δ -alumina, 16.5 l/min dapat memperoleh fase δ -alumina, variasi 21.2 l/min memperoleh fase γ -alumina dan 25,9 l/min memperoleh fase γ -alumina dan pengamatan ini juga dapat menunjukkan perbandingan fase dari setiap variasi laju aliran oksigen (Rochman H. A., 2017).

BAB 3. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Terapan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember dan Laboratorium Material dan Metalurgi, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh November. Penelitian ini dilakukan pada bulan april sampai November 2017.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mesin *DC plasma Rilon Cutting 40*.
2. *Reactor DC thermal plasma*.
3. Kompresor.
4. Pengatur Gas *flow meter*.
5. Tabung ukur.
6. Bak penampung air.
7. Pompa air.
8. Tabung filter.
9. Kain kasa sebagai filter.
10. Wadah *sample*.
11. Timbangan digital.
12. *Timer Otomatis*.
13. *Solenoid Valve*.
14. Mesin *Vacum Pump*
15. Elektroda tembaga.
16. Alat pengamatan SEM dan XRD.

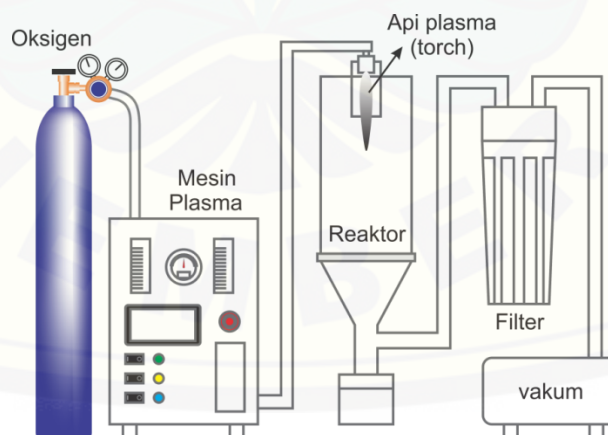
3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah serbuk aluminium produk merk MERCK dengan kadar 97,1 %.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Pembuatan nanopartikel alumina

1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Memasang elektroda tembaga ke *torch* pada mesin *DC thermal plasma*.
3. Mengatur *Timer* Otomatis sesuai dengan waktu proses yang ditentukan.
4. Mengatur laju aliran oksigen 25.96 l/min dan arus mesin *DC Rillon Cutting 40* sebesar 20 A.
5. Mengatur laju aliran serbuk aluminium dengan variasi (4.72, 5.90, 7.08 dan 8.26) l/min.
6. Memasukkan serbuk aluminium ke dalam tabung ukur yang sudah tersedia pada mesin *DC thermal plasma*.
7. Membuka keran oksigen dan menghidupkan mesin *vacum* serta menghidupkan mesin *DC thermal plasma* selama (10, 20, 30, 40) detik per *sample*.
8. Lakukan pengulangan pada nomor 5 dan 7 dan seterusnya.
9. Mematikan mesin dan menutup keran oksigen kemudian mendinginkan *sample* menjadi dingin.
10. Mengambil *sample* pada wadah penyaring dan meletakkan kedalam wadah *sample*.



Gambar 3. 1 Skema mesin *DC thermal plasma* (Nurdiansyah, 2017)

3.3.2 Pengamatan sampel

Pengamatan sampel dilakukan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk mengetahui morfologi dan ukuran diameter pada nanopartikel alumina.



Gambar 3.2 Alat SEM

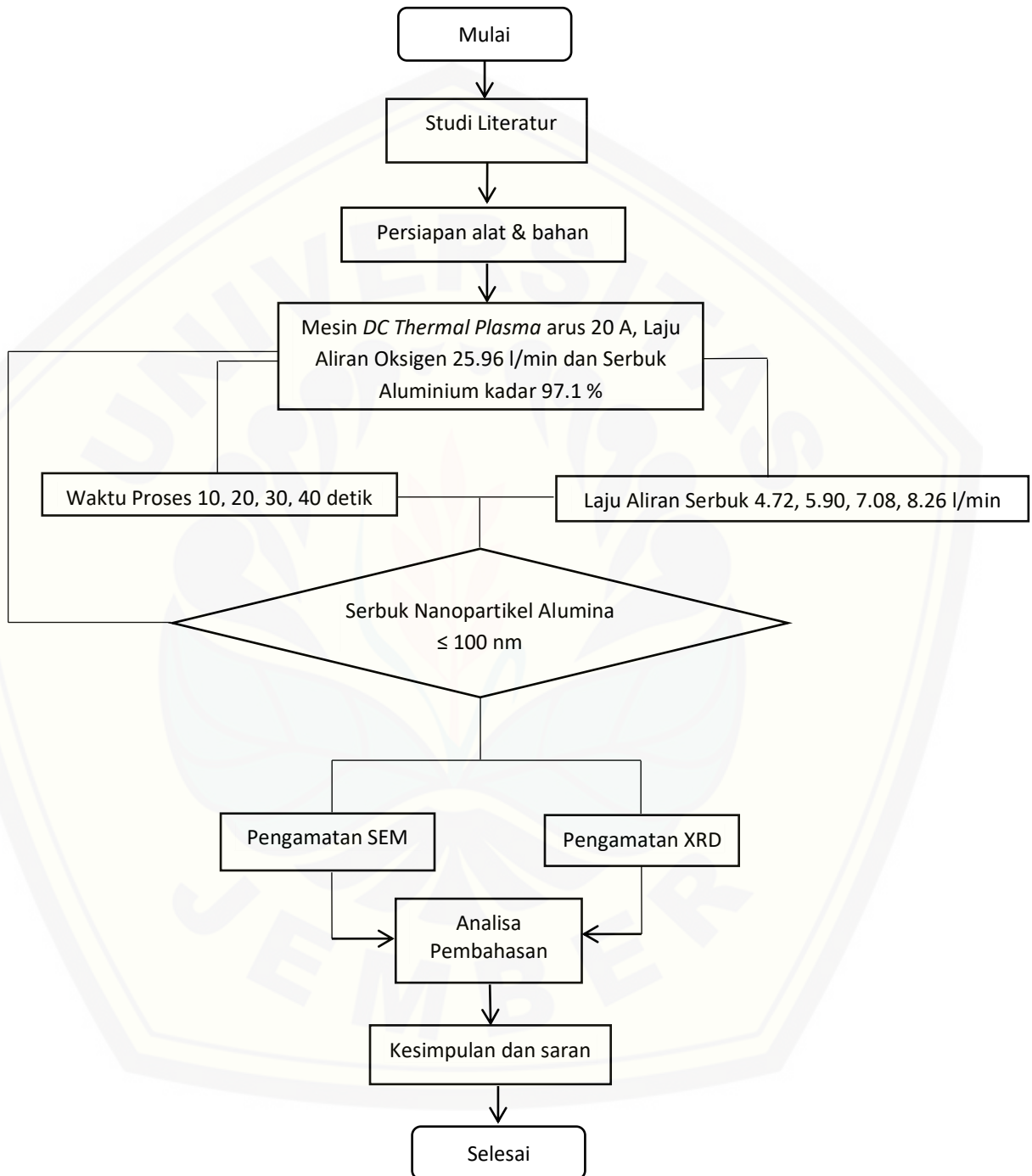
Pengamatan XRD (*X-Ray Diffraction*) dilakukan untuk mengetahui fase dari nanopartikel alumina.



Gambar 3.3 Alat XRD

3.4 Diagram Alir Penelitian

Prosedur penelitian disajikan dalam bentuk *flowchart* pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Prosedur penelitian *Flowchart* Penelitian.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengujian mengenai Sintesis dan Karakterisasi nanopartikel alumina dengan variasi laju aliran serbuk dan waktu proses pada metode *DC thermal plasma* dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Dari hasil pengamatan SEM masih terlihat adanya tingkat *agglomeration* tertinggi pada laju aliran serbuk 8.26 l/min dengan waktu proses 40 detik sedangkan pada laju aliran serbuk aluminium 4.72 l/min dengan waktu proses 10 detik terlihat adanya tingkat *agglomeration* paling rendah.
2. Dari hasil pengamatan SEM pada laju aliran serbuk aluminium 4.72 l/min dengan waktu proses 10 detik menghasilkan ukuran diameter nanopartikel alumina dengan rata-rata 14.57-43.71nm sedangkan pada laju aliran serbuk aluminium 8.26 l/min dengan waktu proses 40 detik menghasilkan ukuran diameter nanopartikel alumina dengan rata-rata 14.57-56.64 nm.
3. Hasil pengamatan XRD pada laju aliran serbuk aluminium 4.72 l/min dan 5.90 l/min menghasilkan fase γ -alumina sedangkan pada laju aliran serbuk aluminium 7.08 l/min dan 8.26 l/min menghasilkan fase δ -alumina.
4. Hasil pengamatan XRD pada laju aliran serbuk aluminium 8.26 l/min menghasilkan puncak intensitas $\geq 75\%$ sedangkan pada laju aliran serbuk aluminium 4.72 l/min menghasilkan puncak intensitas yang tinggi dengan persentase $\geq 80\%$.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian mengenai Sintesis dan karakterisasi serbuk nanopartikel alumina dengan variasi laju aliran serbuk aluminium dan waktu proses pada metode *DC thermal plasma*, maka disarankan sebagai berikut:

1. Pengamatan serbuk nanopartikel alumina sebaiknya menggunakan TEM (*Transmission Electron Microscopy*).

2. Menganalisa proses terbentuknya nanopartikel alumina lebih spesifik menggunakan molekul dinamik.
3. Menggunakan elektroda grafit untuk mencegah adanya pengotor pada serbuk nanopartikel alumina.



DAFTAR PUSTAKA

- A. Amirsalari dan S. Farjami Shayesteh. (2015). *Effects of pH and calcination temperature on structural and optical properties of alumina nanoparticles*. ELSEVIER, 2.
- Ahmad Alshammari, V. Narayana Kalevaru and Andreas Martin. (2016). *Metal Nanoparticles as Emerging Green Catalysts*. Intech, 1.
- A.I.Y. Tok , F.Y.C. Boey, X.L Zhao. (2006). *Novel synthesis of Al₂O₃ nano-particles by flame spray pyrolysis*. Elsevier, 1.
- Anderson, I. E. (1998). *Aluminum powder metallurgy processing*. Joel Fredrick Flumerfelt.
- Ashby *et al.* (2009). *Nanomaerials, Nanotechnologies and Design*. Elsevier, 554.
- B. Bora, *et al.* (2012). *Free-flowing, transparent α -alumina nanoparticles synthesized by a supersonic thermal plasma expansion process*. Elsevier, 1.
- C. Chazelas *et al.* (2007). *Synthesis of nanometer alumina particles by plasma transferred arc alternative*. ELSEVIER, 3.
- C. N. Ramachandra Rao *et al.* (1999). *Metal nanoparticles and their assemblies*. CSR, 28.
- Ching, W.-Y. (2016). *Electronic and optical properties of U-Al₂O₃ and comparison to α -Al₂O₃*. PHYSICAL REVIEW B, 3.
- Dirgantara, A. G. (2016). Pengaruh Laju Aliran Partikel Aluminium Terhadap Pembentukan Nanopartikel Alumina dengan menggunakan Metode DC Thermal Plasma . 19.
- Dolez, P. (2015). *Nanoengineering*. CTT Group, St-Hyacinthe, QC, Canada: Elsevier.
- E. Gomez *et al.* (2009). *Thermal plasma technology for the treatment of wastes: A critical review*. Elsevier, 1.
- F. Mirjalili, H. Mohamad, L. Chuah. (2011). *Preparation of nano-sc ale α -Al₂O₃ powder by the so l-gel method*. Ceramics – Silikáty, 1.
- Gitzen, W. H. (1970). *Alumina as a ceramic material*. The American Ceramic Society.

- James F. sackelford dan Robert H. doremus. (2008). *Ceramic and Glass Material. california: Robert H. Doremus.*
- Jitendra Gangwar *et al.* (2015). *Phase dependent thermal and spectroscopic responses of different morphogenesis of Al₂O₃ nanostructures. nanoscale, 7.*
- J. M. McHale *et al.* (1997). *Surface Energies and Thermodynamic Phase Stability in Nanocrystalline Aluminas. Science , Vol. 277 (8), p. 277-788.*
- K. Jiang *et al.* (2010). *Ab initio study of effects of substitutional additives on the phase stability of γ -alumina. Journal of Physics: Condensed Matter, Vol 22, 505502.*
- K. P. Jayadevan dan T. Y. Tseng. (2004). *Oxide Nanoparticles. Taiwan: ENN-Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology.*
- K. Suresh, V. Selvarajan, M. Vijay. (2008). *Synthesis of nanophase alumina, and spheroidization of alumina particles, and phase transition studies throughDC thermal plasma processing. Elsevier, 1.*
- K. Suresh, V. Selvarajan, M. Vijay. (2008). *Synthesis of nanophase alumina, and spheroidization of alumina particles, and phase transition studies throughDC thermal plasma processing. ELSEVIER, 2.*
- Khamirul Amin Matori *et al.* (2012). *Phase Transformations of α -Alumina Made from Waste Aluminum via a Precipitation Technique. Molecular Sciences, 2.*
- L Roger. (2010). *Fundamentals of Aluminium Metallurgy. Australia: Elsevier.*
- M. Daroonparvar *et al.* (2013). *Improvement of Thermally Grown Oxide Layer in Thermal Barrier Coating Systems with Nano Alumina as Third Layer. Malaysia: Elsevier Ltd.*
- M. F. Zukov *et al.* (2007). *Thermal Plasma Torches. UK: Cambridge International Science Publishing Ltd.*
- Metson, J. (2011). *Production of alumina. New Zealand: Woodhead Publishing Limited.*
- Mikrajuddin A. dan Khairurrijal. (2009). *Karakterisasi Nanomaterial. Nanosains & Nanoteknologi, 1.*
- Naveen V. Kulkarni *et al.* (2009). *Growth of nano-particles of Al₂O₃, AlN and iron oxide with different crystalline phases in a thermal plasma reactor. ELSEVIER, 2.*

- Nurdiansyah, H. (2017). Pengaruh Variasi Jenis Elektroda *DC Thermal Plasma* Terhadap Karakterisasi Nanopartikel Alumina. 37.
- P. Kathirvel *et al.* (2014). *Preparation and characterization of alpha alumina nanoparticles by in-flight oxidation of flame synthesis*. Elsevier, 1.
- P. Kong dan A. Kawczak. (2008). *Synthesis of Nanoparticles for Nanocomposite Energy Applications*. Department of Energy.
- Poole *et al.* (2003). *Magnetic Nanoparticles*. Dalam S. P. Gubin, *Magnetic Nanoparticles (hal. 1-2)*. Moscow, Russia: Wiley-VCH.
- Prof. Dr. Shinroku saito dan Prof. Ir. Tata Surdia, M.S. Met. E. (2000). Pengetahuan Bahan Teknik. Jakarta: PT. pradnya Paramita.
- Rao *et al.* (2004). *Chemistry of Nanomaterials*. Wiley-VCH, Weinheim: CRC Press.
- Reichelt, R. (2008). *Scanning Electron Microscopy*. Springer.
- Rochman, H. A. (2017). Pengaruh Laju Aliran Oksigen pada *DC Thermal Plasma* Terhadap Karakteristik Nanopartikel Alumina. 61.
- R. Ye, J.-G. Li, T. Ishigaki. (2007). *Controlled synthesis of alumina nanoparticles using inductively coupled thermal plasma with enhanced quenching*. Elsevier , 6.
- S. Balaraman, B. Iruson , S. Kandasamy. (2013). *Phase Transition Behavior of Nanocrystalline Al₂O₃ Powders*. scientific Research, 1.
- S. Bashir dan J. Liu. (2015). *Nanomaterials and Their Application*. Elsevier Inc, 2.
- S.Ghanaraja, Subrata Ray dan S.K.Nath. (2015). *Synthesis and Mechanical Properties of Cast Alumina Nano-Particle Reinforced Metal Matrix Composites*. Elsevier Ltd., volume 2 halaman 3656-3665.
- Singh, I. B *et al.* (2015). *Sol-gel Synthesis of Nanoparticle of Gamma and Their Application in Defluoridation of Water*. Springer US, 1-7.
- S. Kumar, *et al.* (2008). *Synthesis and characterization of alumina nano-powders by oxidation of molten aluminium in a thermal plasma reactor: Comparison with theoretical estimation*. Elsevier, 4.
- Smallman, R.E. dan Bishop, R.J. (2000). *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Jakarta: Erlangga.

Takashi Shirai *et al.* (2009). *Structural Properties and Surface Characteristics on Aluminum Oxide Powders*. Ceramics Research Laboratory, 1.

Takashi Shirai *et al.* (2009). *Structural Properties and Surface Characteristics on Aluminum Oxide Powders*. 1.

Veeradate Piriya Wong *et al.* (2012). *Preparation and Characterization of Alumina Nanoparticles in Deionized Water Using Laser Ablation Technique*. Hindawi Publishing Corporation, 1.

Vikas L. Mathea *et al.* (2016). *Enhanced Active Aluminum Content and Thermal behaviour of Nano-Aluminum Particles Passivated during synthesis using Thermal Plasma Route*. *Applied Surface Science*, 5-7.

W. E. Lee dan P. D. Lagerlof. (1985). *Structural and Electron Diffraction Data for Sapphire (α -Al₂O₃)*. *Journal of Electron Microscopy Technique*, Volume 2 hal 247-258.

Yuto Hiragino *et al.* (2016). *Synthesis of nitrogen-doped ZnO nanoparticles by RF thermal plasma*. *Materials Science & Technologi*, 1.

LAMPIRAN

A. Kandungan Bahan

1. Aluminium

Sample ident
A1

Application	<Standardless>
Sequence	Average of 3
Measurement period - start	13-Dec-2016 10:43:33
Measurement period - end	13-Dec-2016 10:56:59
Position	2

Compound	Al	P	Ca	Ti	V	Cr
Conc	97.1 +/- 0.03	0.64 +/- 0.02	0.595 +/- 0.003	0.041 +/- 0.004	0.01 +/- 0.004	0.033 +/- 0.003
Unit	%	%	%	%	%	%

Compound	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Ga
Conc	0.082 +/- 0.005	0.528 +/- 0.004	0.513 +/- 0.005	0.086 +/- 0.001	0.078 +/- 0.003	0.060 +/- 0.001
Unit	%	%	%	%	%	%

Compound	Ba	Pr	Re	Os
Conc	0.09 +/- 0.02	0.09 +/- 0.03	0.002 +/- 0.003	0.062 +/- 0.0006
Unit	%	%	%	%

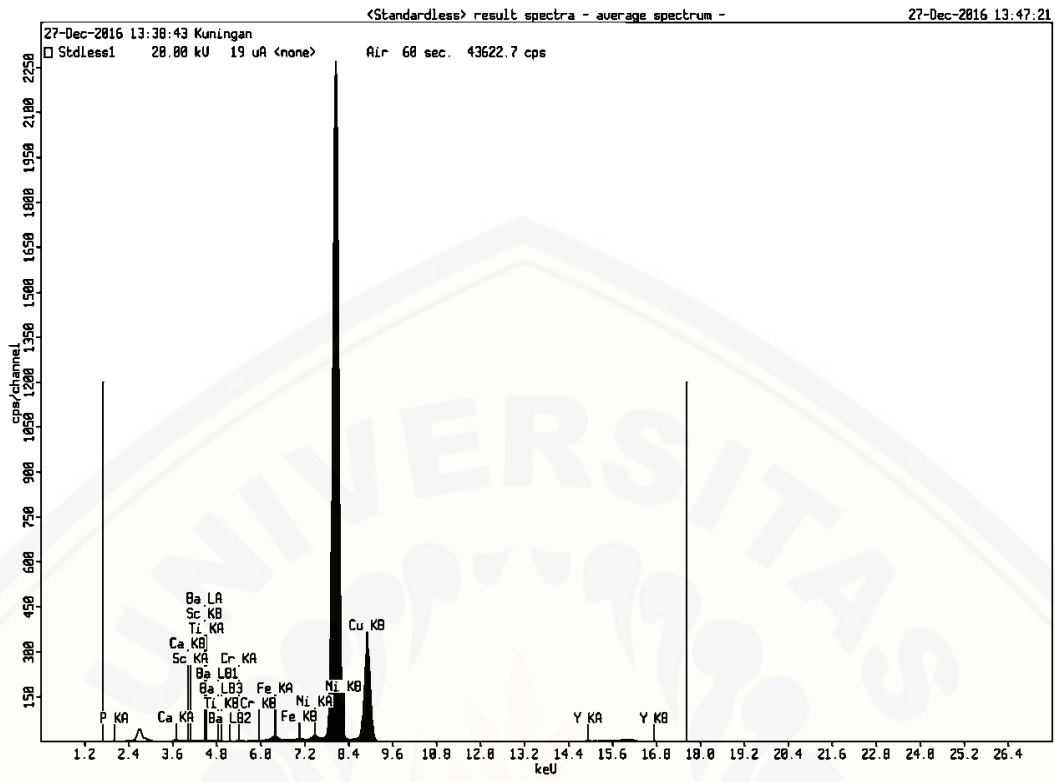
2. Tembaga

Sample ident
Tembaga

Application	<Standardless>
Sequence	Average of 3
Measurement period - start	27-Dec-2016 13:28:46
Measurement period - end	27-Dec-2016 13:38:43
Position	2

Compound	P	Ca	Sc	Ti	Cr	Fe
Conc	0.1 +/- 0.01	0.22 +/- 0.01	0.061 +/- 0.005	0.02 +/- 0.002	0.041 +/- 0.003	0.20 +/- 0.02
Unit	%	%	%	%	%	%

Compound	Ni	Cu	Y	Ba
Conc	0.35 +/- 0.02	97.06 +/- 1.61	2.7 +/- 0.04	0.15 +/- 0.006
Unit	%	%	%	%



B. Alat dan Bahan
1. Alat



Mesin DC Thermal Plasma



Timbangan Digital



Wadah Serbuk Nanopartikel Alumina

a) **Komponen Mesin DC Thermal Plasma**



Plasma Rillon cutting 40



Kompresor



Vacum pump



Timer Otomatis



Bak Penampung Air



Pompa Air



Pengatur Gas Flow Meter



Solenoid Valve



Tabung Filter



Tabung Ukur Serbuk Aluminium



Elektroda Tembaga

2. Bahan



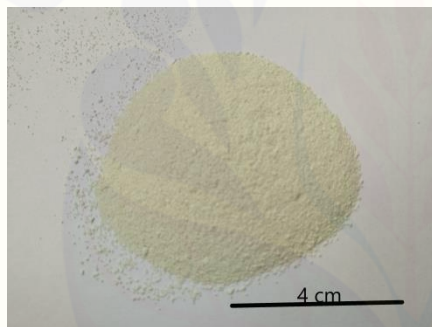
Serbuk Aluminium Merk MERCK

C. Sample Nanopartikel Alumina berdasarkan Variasi Serbuk Aluminium dan Waktu Proses



Nanopartikel Alumina

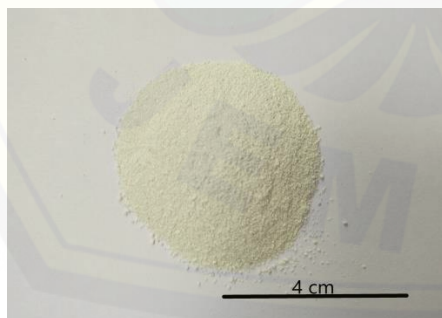
1. Laju aliran serbuk aluminium (4.72, 5.90, 7.08, 8.26) l/min pada waktu proses 10 detik



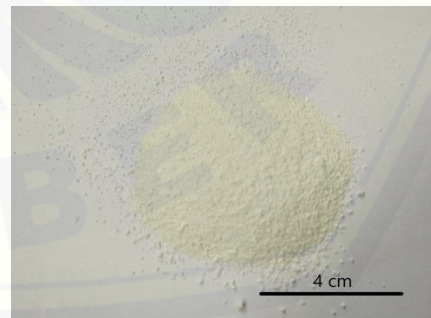
4.72 l/min



5.90 l/min

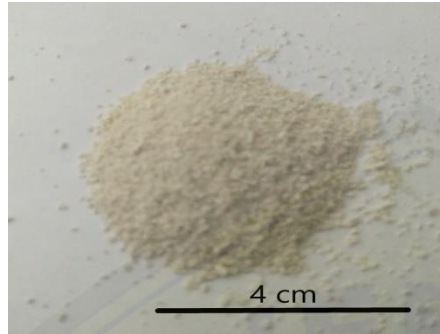


7.08 l/min



8.26 l/min

2. Laju aliran serbuk aluminium (4.72, 5.90, 7.08, 8.26) l/min pada waktu proses 20 detik



4.72 l/min



5.90 l/min

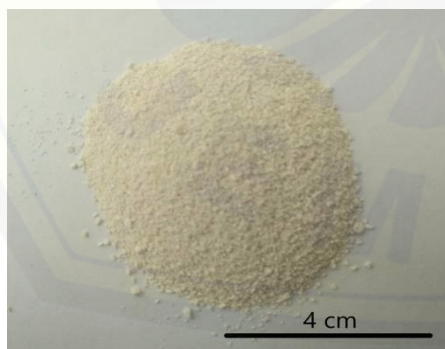


7.08 l/min



8.26 l/min

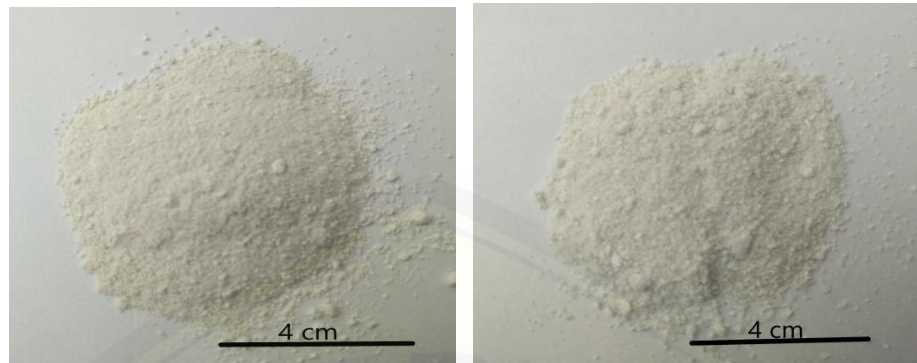
3. Laju aliran serbuk aluminium (4.72, 5.90, 7.08, 8.26) l/min pada waktu proses 30 detik



4.72 l/min



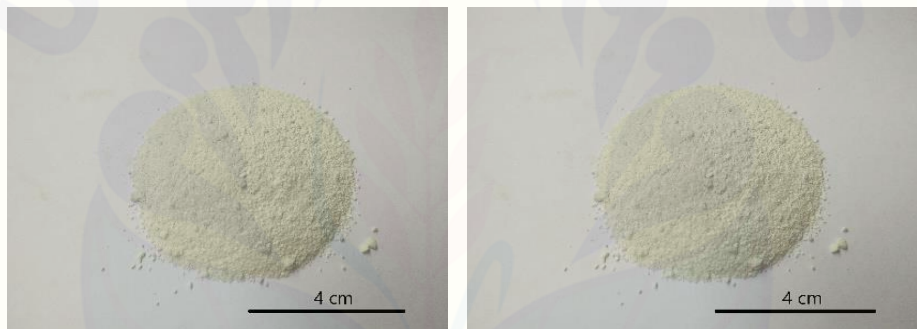
5.90 l/min



7.08 l/min

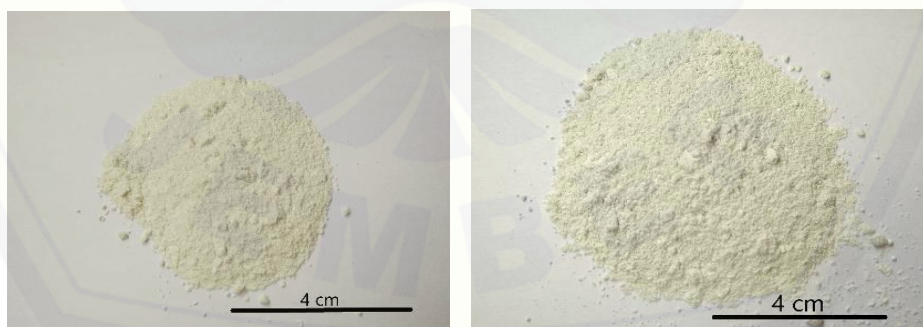
8.26 l/min

4. Laju aliran serbuk aluminium (4.72, 5.90, 7.08, 8.26) l/min pada waktu proses 40 detik



4.72 l/min

5.90 l/min



7.08 l/min

8.26 l/min

D. Hasil Pengamatan XRD**1. Laju aliran serbuk aluminium 4.72 l/min dan waktu proses 40 detik.*****Measurement Conditions:***

<i>Dataset Name</i>	55-10 T=40
<i>File name</i>	E:\DATA PENGUJIAN\Pengujian 2017\November\Agung\55-10 T=40\55-10 T=40.rd
<i>Comment</i>	Configuration=Reflection-Transmission Sp Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Mini
<i>Measurement Date / Time</i>	11/8/2017 2:30:00 PM
<i>Raw Data Origin</i>	PHILIPS-binary (scan) (.RD)
<i>Scan Axis</i>	Gonio
<i>Start Position [$^{\circ}2\theta$.]</i>	10.0084
<i>End Position [$^{\circ}2\theta$.]</i>	89.9764
<i>Step Size [$^{\circ}2\theta$.]</i>	0.0170
<i>Scan Step Time [s]</i>	10.1500
<i>Scan Type</i>	Continuous
<i>Offset [$^{\circ}2\theta$.]</i>	0.0000
<i>Divergence Slit Type</i>	Fixed
<i>Divergence Slit Size [$^{\circ}$]</i>	0.2500
<i>Specimen Length [mm]</i>	10.00
<i>Receiving Slit Size [mm]</i>	12.7500
<i>Measurement Temperature [$^{\circ}\text{C}$]</i>	-273.15
<i>Anode Material</i>	Cu
<i>K-Alpha1 [\AA]</i>	1.54060
<i>K-Alpha2 [\AA]</i>	1.54443
<i>K-Beta [\AA]</i>	1.39225
<i>K-A2 / K-A1 Ratio</i>	0.50000
<i>Generator Settings</i>	30 mA, 40 kV

Diffractometer Type *XPert MPD*

Diffractometer Number *1*

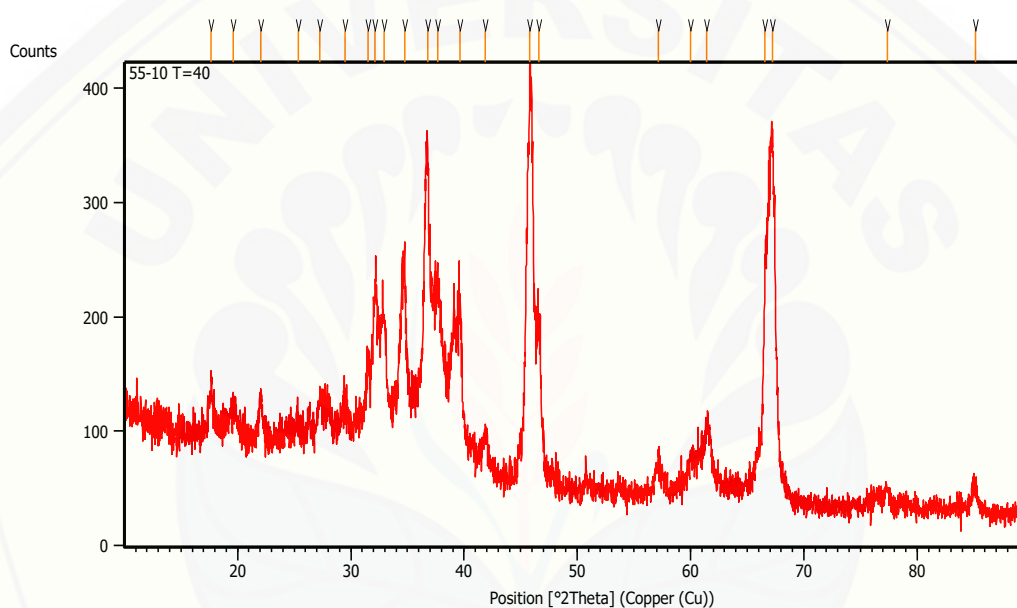
Goniometer Radius [mm] *200.00*

Dist. Focus-Diverg. Slit [mm] *91.00*

Incident Beam Monochromator *No*

Spinning *No*

Main Graphics, Analyze View:



Peak List:

<i>Pos. [°2Th.]</i>	<i>Height [cts]</i>	<i>FWHM Left [°2Th.]</i>	<i>d-spacing [Å]</i>	<i>Rel. Int. [%]</i>
17.6786	41.36	0.4015	5.01706	11.75
19.6405	26.24	0.5353	4.52009	7.46
22.0532	38.68	0.2676	4.03073	10.99
25.3516	17.02	0.4015	3.51329	4.84
27.2638	40.21	0.4015	3.27107	11.43
29.4582	41.02	0.5353	3.03221	11.66

31.4964	79.63	0.2007	2.84049	22.63
32.1589	151.46	0.2676	2.78347	43.04
32.9273	118.47	0.3346	2.72025	33.67
34.7632	174.98	0.1673	2.58068	49.73
36.7944	258.60	0.3011	2.44275	73.49
37.6754	153.11	0.4015	2.38762	43.51
39.6447	140.02	0.2676	2.27344	39.79
41.9012	40.62	0.2676	2.15609	11.54
45.8152	351.87	0.2342	1.98059	100.00
46.6278	134.08	0.2676	1.94795	38.11
57.1708	29.43	0.4015	1.61126	8.36
60.0300	29.14	0.4015	1.54118	8.28
61.4377	54.07	0.4684	1.50920	15.37
66.5675	189.05	0.2676	1.40481	53.73
67.2324	307.57	0.2676	1.39252	87.41
77.3915	13.61	0.4015	1.23314	3.87
85.1327	21.50	0.3346	1.13969	6.11

Pattern List:**Document History:***Insert Measurement:*

- File name = 55-10 T=40.rd
- Modification time = "11/8/2017 4:17:17 PM"
- Modification editor = "Teknik Material"

Interpolate Step Size:

- Derived = "Yes"

- *Step Size* = "0.01"
- *Modification time* = "11/8/2017 4:17:17 PM"
- *Modification editor* = "PANalytical"


Search Peaks:

- *Minimum significance* = "1"
- *Minimum tip width* = "0.02"
- *Maximum tip width* = "1"
- *Peak base width* = "2"
- *Method* = "Minimum 2nd derivative"
- *Modification time* = "10/5/2017 10:22:09 AM"
- *Modification editor* = "Teknik Material"

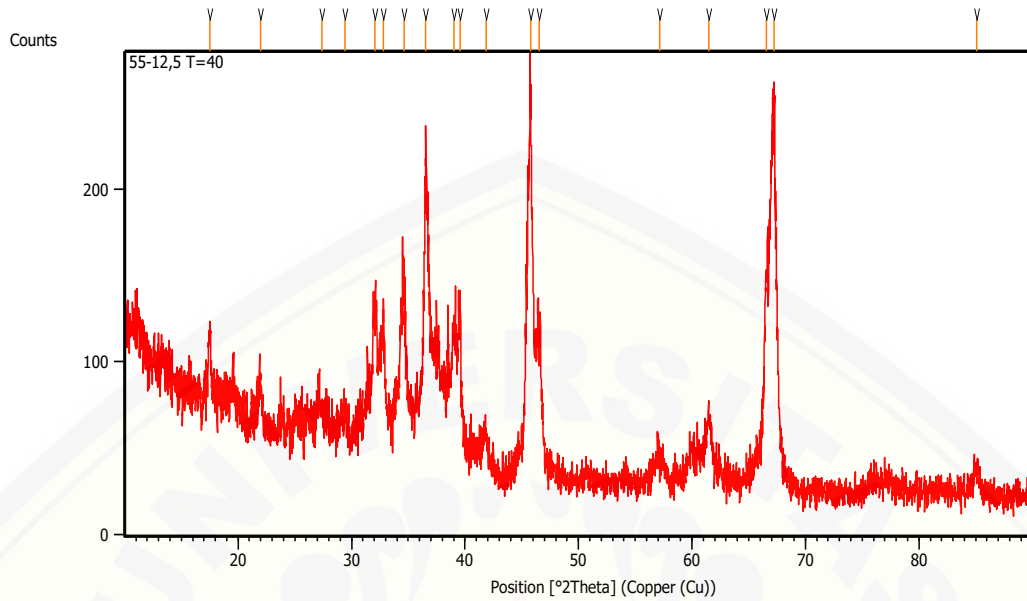
2. Laju aliran serbuk aluminium 5.90 l/min dan waktu proses 40 detik.

Measurement Conditions:

<i>Dataset Name</i>	55-12,5 T=40
<i>File name</i>	E:\DATA PENGUJIAN\Pengujian 2017\November\Agung\55-12,5 T=40\55-12,5 T=40.rd
<i>Comment</i>	Configuration=Reflection-Transmission Sp Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Mini
<i>Measurement Date / Time</i>	11/8/2017 2:03:00 PM
<i>Raw Data Origin</i>	PHILIPS-binary (scan) (.RD)
<i>Scan Axis</i>	Gonio
<i>Start Position [°2Th.]</i>	10.0084
<i>End Position [°2Th.]</i>	89.9764
<i>Step Size [°2Th.]</i>	0.0170
<i>Scan Step Time [s]</i>	10.1500
<i>Scan Type</i>	Continuous



<i>Offset [$^{\circ}2\theta$.]</i>	0.0000
<i>Divergence Slit Type</i>	Fixed
<i>Divergence Slit Size [$^{\circ}$]</i>	0.2500
<i>Specimen Length [mm]</i>	10.00
<i>Receiving Slit Size [mm]</i>	12.7500
<i>Measurement Temperature [$^{\circ}C$]</i>	-273.15
<i>Anode Material</i>	Cu
<i>K-Alpha1 [\AA]</i>	1.54060
<i>K-Alpha2 [\AA]</i>	1.54443
<i>K-Beta [\AA]</i>	1.39225
<i>K-A2 / K-A1 Ratio</i>	0.50000
<i>Generator Settings</i>	30 mA, 40 kV
<i>Diffractionmeter Type</i>	XPert MPD
<i>Diffractionmeter Number</i>	1
<i>Goniometer Radius [mm]</i>	200.00
<i>Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]</i>	91.00
<i>Incident Beam Monochromator</i>	No
<i>Spinning</i>	No

Main Graphics, Analyze View:**Peak List:**

<i>Pos. [°2Th.]</i>	<i>Height [cts]</i>	<i>FWHM Left [°2Th.]</i>	<i>d-spacing [Å]</i>	<i>Rel. Int. [%]</i>
17.5011	38.17	0.2676	5.06753	17.27
21.9560	27.14	0.3346	4.04836	12.28
27.3862	12.82	0.8029	3.25673	5.80
29.3965	13.56	0.6691	3.03844	6.14
32.0717	75.54	0.2676	2.79084	34.19
32.8107	71.45	0.2007	2.72964	32.34
34.5986	101.87	0.4015	2.59258	46.11
36.5035	165.76	0.1673	2.46154	75.02
38.9997	79.84	0.2007	2.30955	36.13
39.5562	90.53	0.2342	2.27833	40.97
41.8777	21.60	0.3346	2.15725	9.77
45.7625	220.96	0.1338	1.98275	100.00

46.5278	81.47	0.3346	1.95190	36.87
57.1565	14.90	0.6691	1.61163	6.74
61.5121	29.56	0.3346	1.50755	13.38
66.5326	115.60	0.2676	1.40546	52.32
67.2401	220.88	0.2342	1.39238	99.97
85.0659	15.33	0.4015	1.14042	6.94

Pattern List:**Document History:***Insert Measurement:*

- File name = 55-12,5 T=40.rd
- Modification time = "11/8/2017 4:17:54 PM"
- Modification editor = "Teknik Material"

Interpolate Step Size:

- Derived = "Yes"
- Step Size = "0.01"
- Modification time = "11/8/2017 4:17:54 PM"
- Modification editor = "PANalytical"

Search Peaks:

- Minimum significance = "1"
- Minimum tip width = "0.02"
- Maximum tip width = "1"
- Peak base width = "2"
- Method = "Minimum 2nd derivative"
- Modification time = "10/5/2017 10:22:09 AM"

- *Modification editor* = "Teknik Material"

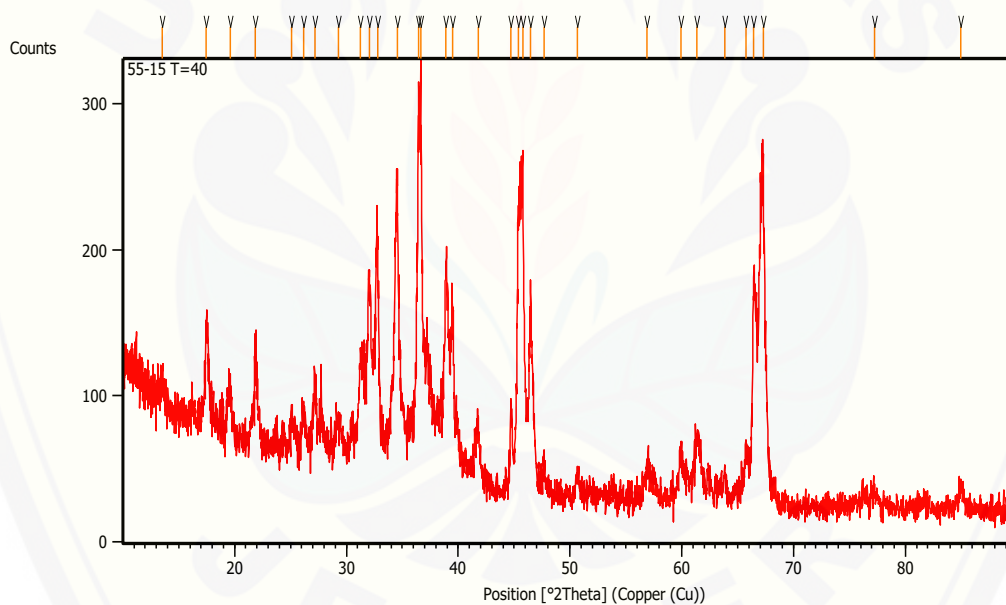
3. Laju aliran serbuk aluminium 7.08 l/min dan waktu proses 40 detik.

Measurement Conditions:

<i>Dataset Name</i>	55-15 T=40
<i>File name</i>	E:\DATA PENGUJIAN\Pengujian 2017\November\Agung\55-15 T=40\55-15 T=40.rd
<i>Comment</i>	Configuration=Reflection-Transmission Sp Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Mini
<i>Measurement Date / Time</i>	11/8/2017 1:33:00 PM
<i>Raw Data Origin</i>	PHILIPS-binary (scan) (.RD)
<i>Scan Axis</i>	Gonio
<i>Start Position [°2Th.]</i>	10.0084
<i>End Position [°2Th.]</i>	89.9764
<i>Step Size [°2Th.]</i>	0.0170
<i>Scan Step Time [s]</i>	10.1500
<i>Scan Type</i>	Continuous
<i>Offset [°2Th.]</i>	0.0000
<i>Divergence Slit Type</i>	Fixed
<i>Divergence Slit Size [°]</i>	0.2500
<i>Specimen Length [mm]</i>	10.00
<i>Receiving Slit Size [mm]</i>	12.7500
<i>Measurement Temperature [°C]</i>	-273.15
<i>Anode Material</i>	Cu
<i>K-Alpha1 [Å]</i>	1.54060
<i>K-Alpha2 [Å]</i>	1.54443
<i>K-Beta [Å]</i>	1.39225

K-A2 / K-A1 Ratio 0.50000
Generator Settings 30 mA, 40 kV
Diffractometer Type XPert MPD
Diffractometer Number 1
Goniometer Radius [mm] 200.00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm] 91.00
Incident Beam Monochromator No
Spinning No

Main Graphics, Analyze View:



Peak List:

<i>Pos. [°2Th.]</i>	<i>Height [cts]</i>	<i>FWHM Left [°2Th.]</i>	<i>d-spacing [Å]</i>	<i>Rel. Int. [%]</i>
13.5070	16.56	0.4015	6.55568	6.78
17.4643	68.62	0.1673	5.07812	28.10
19.5990	30.65	0.3346	4.52957	12.55

21.8624	58.12	0.1673	4.06547	23.80
25.0874	20.89	0.3346	3.54969	8.55
26.1510	23.99	0.3346	3.40769	9.82
27.1721	46.91	0.2676	3.28190	19.21
29.3054	24.15	0.5353	3.04767	9.89
31.2273	69.13	0.2676	2.86435	28.30
32.0515	125.83	0.2676	2.79255	51.52
32.7871	160.80	0.2007	2.73156	65.84
34.5590	203.86	0.1338	2.59546	83.46
36.4658	244.25	0.2007	2.46400	100.00
36.6776	228.01	0.1004	2.45025	93.35
38.9111	147.14	0.1673	2.31460	60.24
39.5030	114.23	0.2007	2.28128	46.77
41.7714	43.66	0.3346	2.16248	17.87
44.7309	60.69	0.1673	2.02605	24.85
45.3917	189.53	0.1673	1.99808	77.60
45.7874	210.80	0.1338	1.98173	86.30
46.4646	137.53	0.1673	1.95441	56.31
47.6751	22.79	0.2007	1.90758	9.33
50.6769	17.59	0.2676	1.80140	7.20
56.8576	19.87	0.4015	1.61939	8.14
59.8972	31.01	0.2676	1.54427	12.70
61.3576	40.13	0.4684	1.51098	16.43
63.8369	16.45	0.4015	1.45814	6.74
65.7700	35.78	0.2676	1.41989	14.65
66.4222	145.71	0.1338	1.40753	59.66

67.2705	236.82	0.2007	1.39183	96.96
77.2163	9.41	0.4015	1.23549	3.85
84.9397	14.31	0.3346	1.14179	5.86

Pattern List:***Document History:****Insert Measurement:*

- File name = 55-15 T=40.rd
- Modification time = "11/8/2017 4:28:36 PM"
- Modification editor = "Teknik Material"

Interpolate Step Size:

- Derived = "Yes"
- Step Size = "0.01"
- Modification time = "11/8/2017 4:28:36 PM"
- Modification editor = "PANalytical"

Search Peaks:

- Minimum significance = "1"
- Minimum tip width = "0.02"
- Maximum tip width = "1"
- Peak base width = "2"
- Method = "Minimum 2nd derivative"
- Modification time = "10/5/2017 10:22:09 AM"
- Modification editor = "Teknik Material"

4. Laju aliran serbuk aluminium 8.26 l/min dan waktu proses 40 detik.

Measurement Conditions:

<i>Dataset Name</i>	55-17,5 T=40
<i>File name</i>	E:\DATA PENGUJIAN\Pengujian 2017\November\Agung\55-17,5 T=40\55-17,5 T=40.rd
<i>Comment</i>	Configuration=Reflection-Transmission Sp Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Mini
<i>Measurement Date / Time</i>	11/8/2017 1:47:00 PM
<i>Raw Data Origin</i>	PHILIPS-binary (scan) (.RD)
<i>Scan Axis</i>	Gonio
<i>Start Position [°2Th.]</i>	10.0084
<i>End Position [°2Th.]</i>	89.9764
<i>Step Size [°2Th.]</i>	0.0170
<i>Scan Step Time [s]</i>	10.1500
<i>Scan Type</i>	Continuous
<i>Offset [°2Th.]</i>	0.0000
<i>Divergence Slit Type</i>	Fixed
<i>Divergence Slit Size [°]</i>	0.2500
<i>Specimen Length [mm]</i>	10.00
<i>Receiving Slit Size [mm]</i>	12.7500
<i>Measurement Temperature [°C]</i>	-273.15
<i>Anode Material</i>	Cu
<i>K-Alpha1 [Å]</i>	1.54060
<i>K-Alpha2 [Å]</i>	1.54443
<i>K-Beta [Å]</i>	1.39225
<i>K-A2 / K-A1 Ratio</i>	0.50000
<i>Generator Settings</i>	30 mA, 40 kV

Diffractometer Type *XPert MPD*

Diffractometer Number *1*

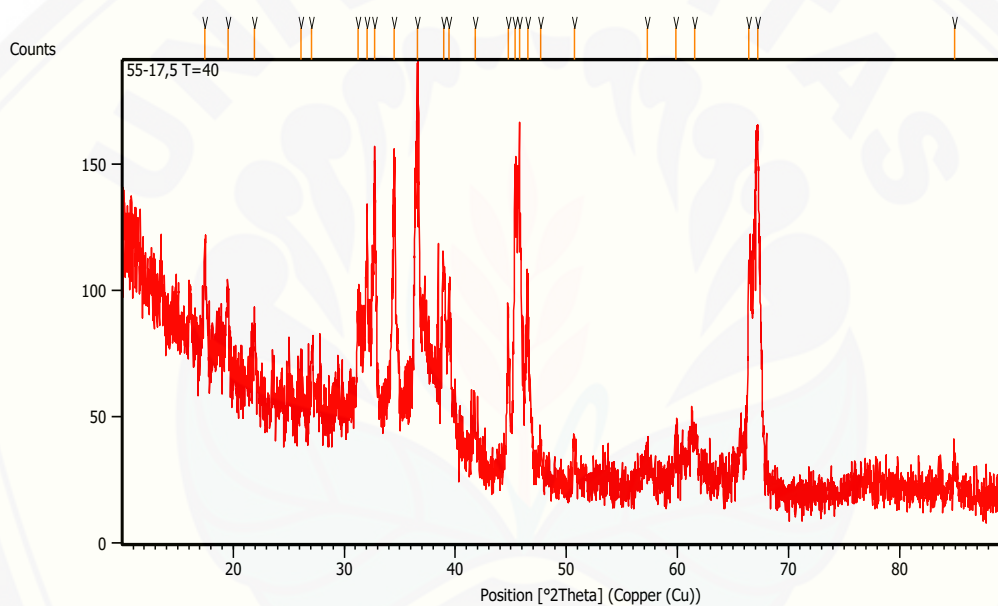
Goniometer Radius [mm] *200.00*

Dist. Focus-Diverg. Slit [mm] *91.00*

Incident Beam Monochromator *No*

Spinning *No*

Main Graphics, Analyze View:



Peak List:

<i>Pos. [°2Th.]</i>	<i>Height [cts]</i>	<i>FWHM Left [°2Th.]</i>	<i>d-spacing [Å]</i>	<i>Rel. Int. [%]</i>
17.4784	40.72	0.2676	5.07405	29.10
19.5415	30.55	0.2342	4.54277	21.83
21.9126	27.54	0.2676	4.05627	19.68
26.1052	9.60	0.4015	3.41356	6.86
27.0863	24.64	0.2007	3.29211	17.60

31.2498	42.88	0.2676	2.86233	30.64
32.0641	79.56	0.1004	2.79148	56.85
32.7701	103.70	0.1171	2.73293	74.10
34.5231	103.55	0.1673	2.59808	73.99
36.6215	117.76	0.4015	2.45388	84.14
38.9733	70.51	0.2007	2.31105	50.38
39.4497	61.62	0.1673	2.28423	44.03
41.7727	16.01	0.5353	2.16242	11.44
44.7734	62.45	0.0836	2.02423	44.62
45.3779	116.19	0.1673	1.99865	83.02
45.7814	115.06	0.2676	1.98197	82.22
46.5074	69.23	0.1338	1.95271	49.47
47.7125	15.81	0.2007	1.90617	11.29
50.7380	16.15	0.2007	1.79938	11.54
57.2984	11.78	0.6691	1.60798	8.42
59.8921	12.92	0.3346	1.54439	9.23
61.5223	18.57	0.5353	1.50732	13.27
66.4198	87.19	0.2007	1.40757	62.30
67.2375	139.95	0.2007	1.39243	100.00
84.9487	12.72	0.4015	1.14169	9.09

Pattern List:**Document History:***Insert Measurement:*

- File name = 55-17,5 T=40.rd

- Modification time = "11/8/2017 4:29:48 PM"

- Modification editor = "Teknik Material"

Interpolate Step Size:

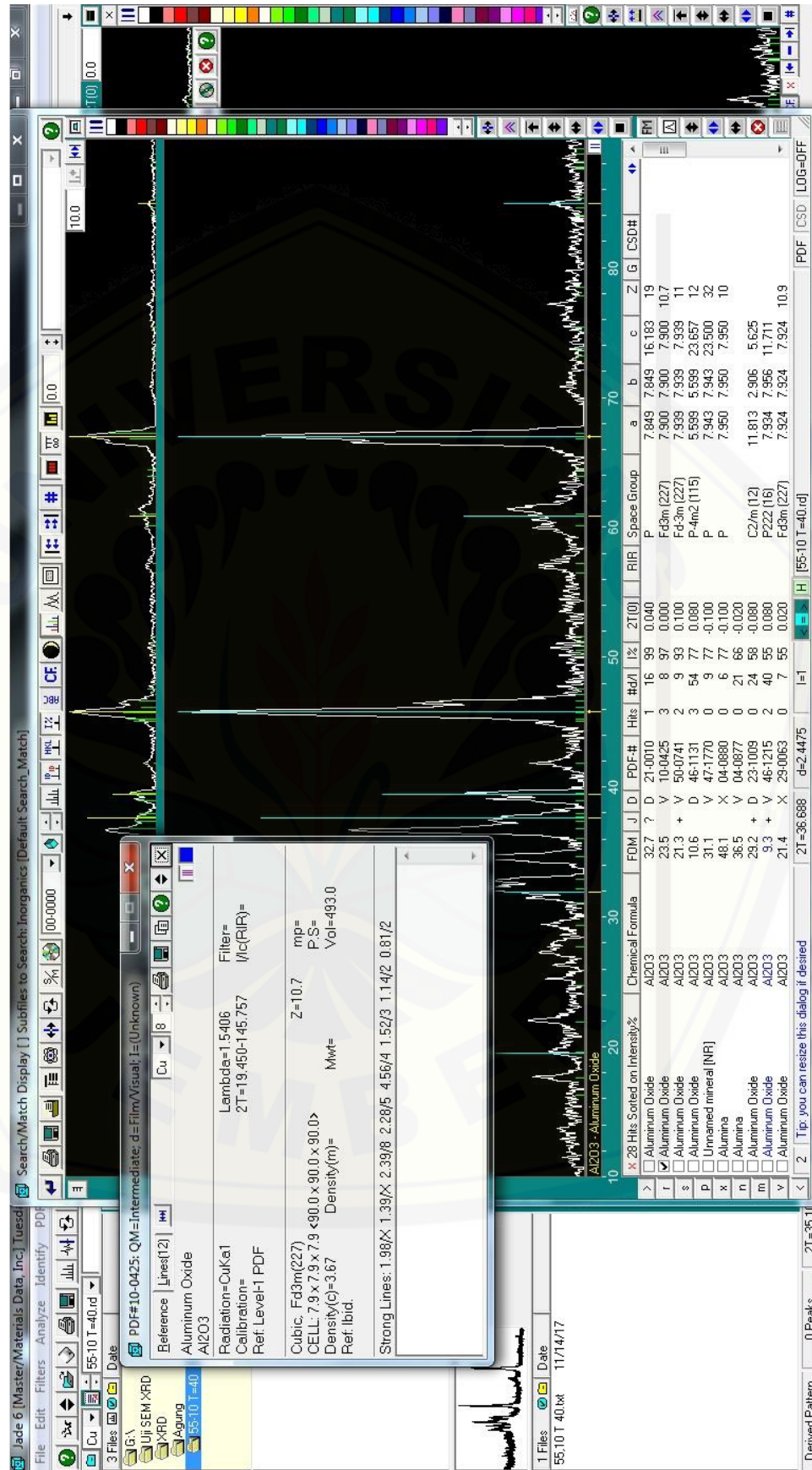
- *Derived = "Yes"*
- *Step Size = "0.01"*
- *Modification time = "11/8/2017 4:29:48 PM"*
- *Modification editor = "PANalytical"*

Search Peaks:

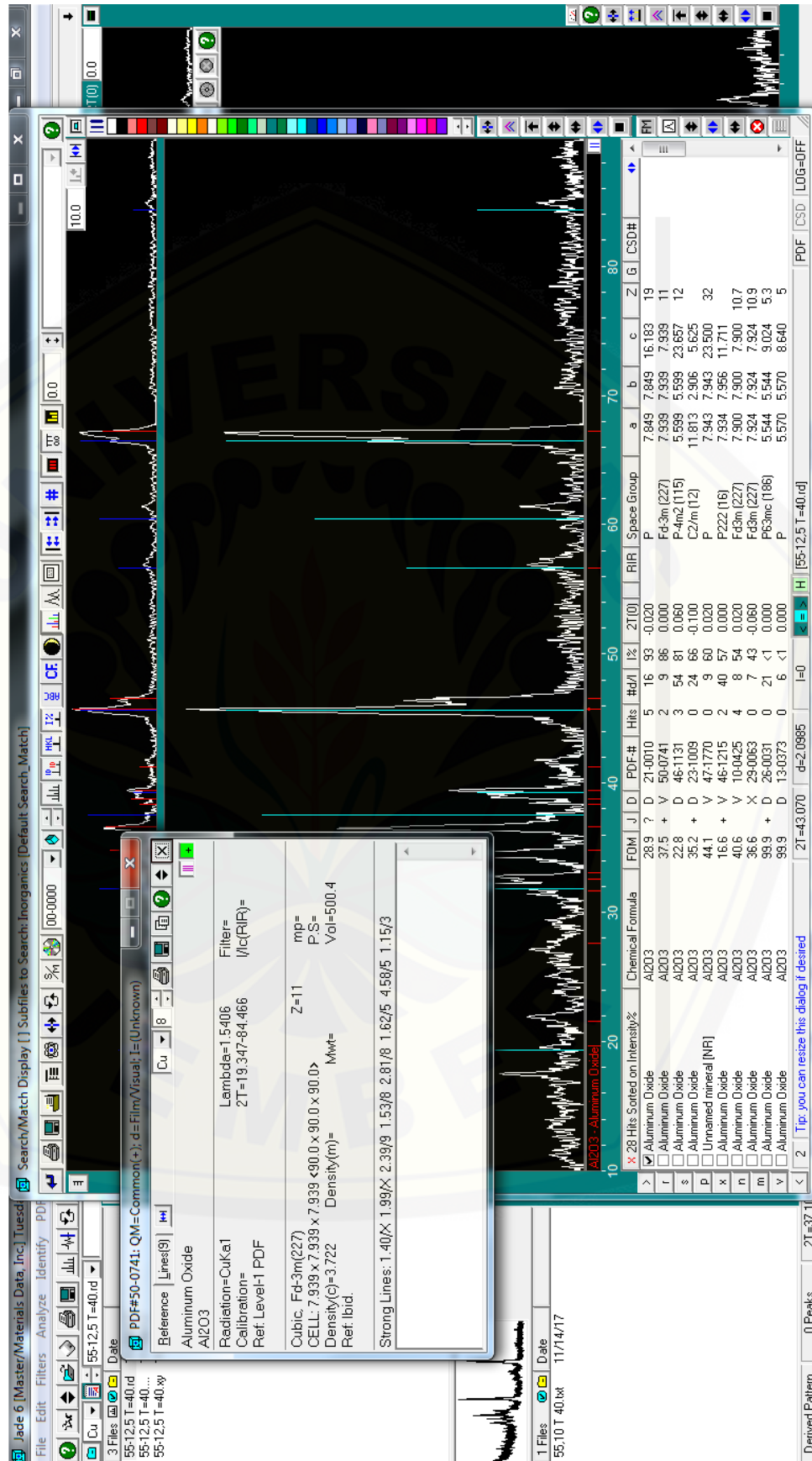
- *Minimum significance = "1"*
- *Minimum tip width = "0.02"*
- *Maximum tip width = "1"*
- *Peak base width = "2"*
- *Method = "Minimum 2nd derivative"*
- *Modification time = "10/5/2017 10:22:09 AM"*
- *Modification editor = "Teknik Material"*

E. Hasil Pengolahan MDI Jade 6

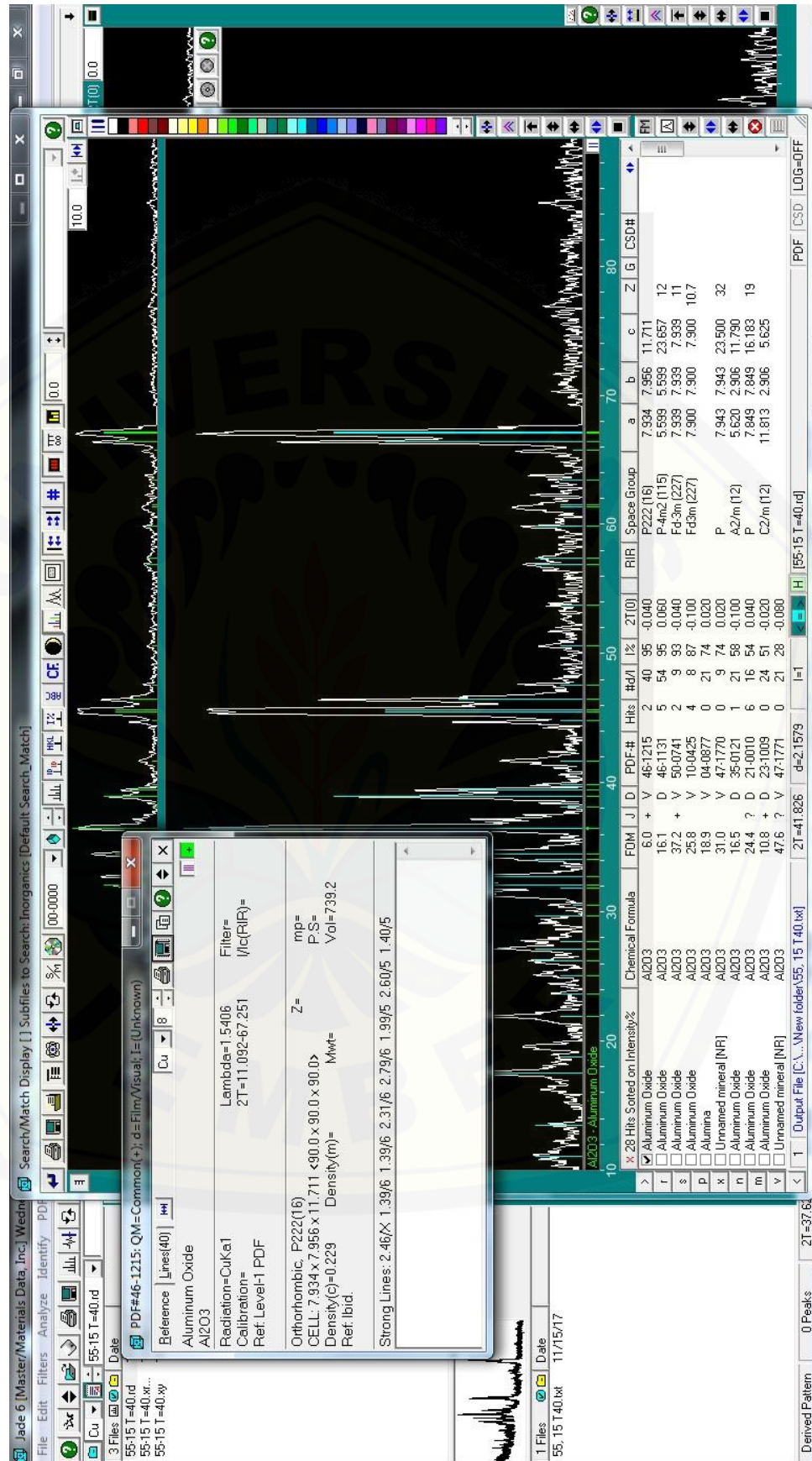
1. Variasi laju aliran serbuk aluminium 4.72 l/min dan waktu proses 40 detik



2. Variasi laju aliran serbuk aluminium 5.90 l/min dan waktu proses 40 detik



3. Variasi laju aliran serbuk aluminium 7.08 l/min dan waktu proses 40 detik



4. Variasi laju aliran serbuk aluminium 8.26 l/min dan waktu proses 40 detik

