



**SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL SENG OKSIDA
METODE DIRECT CURRENT THERMAL PLASMA**

SKRIPSI

Oleh

**Achmad Sholihin
NIM 101910101086**

**PROGRAM STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL SENG OKSIDA
METODE DIRECT CURRENT 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

Achmad Sholihin
NIM 101910101086

**PROGRAM STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini adalah hasil kerja keras dengan bantuan berbagai pihak, oleh karena itu saya persembahkan untuk

1. Allah SWT atas segala rizki dan hidayahnya yang telah diberikan, serta kepada junjunganku Nabi Muhammad SAW.
2. Keluargaku, Ayahanda tercinta M.Syafi'i dan Ibunda tercinta Sumiatun segala do'a, dukungan semangat dan materi. Adik tersayang Khusnul Nurhidayati, Muhammad Arif Wahyudi, semua saudara-saudaraku, Siti Julaela yang tak henti-hentinya memberi semangat. Terimakasih atas semua cinta, kasih sayang, perhatian, doa, pengorbanan, motivasi dan bimbingan kalian semua demi terciptanya insan manusia yang beriman, bertaqwa, berakhlak mulia, dan berguna bagi bangsa negara. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya serta membalas semua kebaikan yang telah kalian lakukan.
3. Staf pengajar semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan bimbingan kepada saya terutama Bapak Ir.FRANCISCUS XAVERIUS Kristianta M.Eng selaku dosen pembimbing utama, dan Bapak Imam Sholahuddin S.T., M.T selaku dosen pembimbing anggota, serta Bapak Sumarji, S.T., M.T. selaku dosen penguji I, dan Bapak Boy Arief Fachri, S.T., M.T.,Ph.D selaku dosen penguji II.
4. Semua guruku dari Sekolah Dasar sampai Perguruan Tinggi yang saya hormati, yang telah memberikan ilmu, mendidik, dan membimbingku dengan penuh rasa sabar.
5. Seluruh teman-teman angkatan 2010 (Mec-X) yang telah memberikan kontribusi, dukungan, ide yang inspiratif, dan kritikan yang konstruktif. Terimakasih atas semua kontribusi yang kalian berikan.
6. Almamater tercinta "UNIVERSITAS JEMBER".

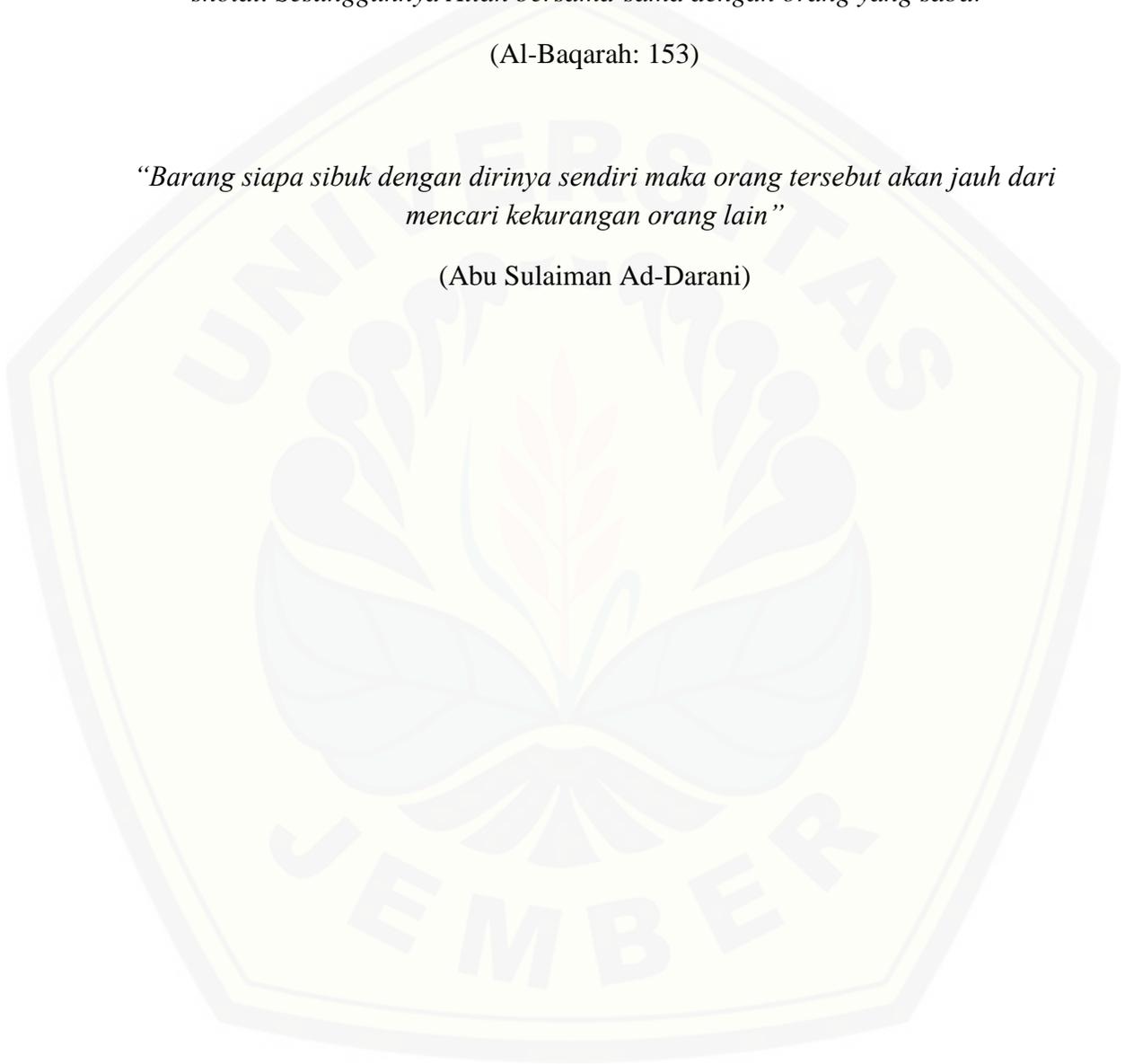
MOTO

"Wahai mereka yang beriman, mintalah pertolongan kepada Allah dengan sabar dan sholat. Sesungguhnya Allah bersama-sama dengan orang yang sabar"

(Al-Baqarah: 153)

"Barang siapa sibuk dengan dirinya sendiri maka orang tersebut akan jauh dari mencari kekurangan orang lain"

(Abu Sulaiman Ad-Darani)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Achamad Sholihin

NIM : 101910101086

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Sintesis Dan Karakterisasi Nanopartikel Seng Oksida Metode Direct Current Thermal Plasma ” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, 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 mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 27 Mei 2016

Yang menyatakan,



Achmad Sholihin

NIM 101910101086

SKRIPSI

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL ZnO METODE DC
THERMAL PLASMA**

Oleh

Achmad Sholihin

NIM 101910101086

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir.FX Kristianta M.Eng

Dosen Pembimbing Anggota : Imam Sholahuddin,S.T,M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Sintesis Dan Karakterisasi Nanopartikel ZnO Dengan Metode DC Thermal Plasma” telah diuji dan disahkan pada :

Hari, Tanggal : Jumat 27 Mei 2016

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Ir. FX Kristianta M.Eng
NIP 19650120 2001 12 1 001

Imam Sholahuddin, S.T., M.T.
NIP 19811029 2008 12 1 003

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Sumarji, S.T., M.T.
NIP 19680202 1997 02 1 001

Boy Arief Fachri, S.T., M.T., Ph.D
NIP 19740901 1999 03 1 002

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

Dr.Ir Entin Hidayah, M.U.M
NIP 19661251 1995 03 2 001

RINGKASAN

Sintesis Dan Karakterisasi Nanopartikel Seng Oksida Dengan Metode Direct Current Thermal Plasma; ACHMAD SHOLIHIN, 101910101086; 2014; halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pengembangan nanoteknologi sampai saat ini terus dilakukan oleh para peneliti dari dunia akademik maupun dari dunia industri. Khususnya di Indonesia para peneliti seolah berlomba untuk mewujudkan karya baru dalam dunia nanoteknologi. Namun kemajuan nanoteknologi di Indonesia mulai mengalami perlambatan dibandingkan dengan negara lain. Karena sumber teknologi yang dibutuhkan untuk pengembangan nanoteknologi sebagian besar masih bergantung pada produk luar negeri

Teknologi thermal plasma semakin banyak digunakan dalam pengolahan bahan. Selain menjadi sumber suhu yang sangat tinggi, juga merupakan media mudah untuk mewujudkan banyak reaksi penting dalam industri metalurgi dan kimia. Pada penelitian ini proses pembuatan nanomaterial ZnO menggunakan metode DC thermal plasma sederhana dengan parameter pengamatan pengaruh variasi laju aliran Zn terhadap keadaan morfologi dan kristalinitas nanopartikel ZnO dengan variasi sebesar 0,051 gr/detik, 0,068 gr/detik, dan 0,085 gr/detik yang melewati api plasma.

Hasil pengujian SEM menunjukkan setiap variasi mengalami perubahan ukuran dimana pada variasi 0,051 gr/detik sebesar 67,39 nm, 0,068 gr/detik sebesar 58,8 nm, dan 0,085 gr/detik sebesar 50,81 nm, Analisa yang diperoleh untuk penelitian ini adalah semakin besar laju alir serbuk maka dimensi dari partikel yang dihasilkan akan semakin kecil. Pengujian XRD menunjukan hasil yang sesuai dengan data dari data base COD rev 173445 dan 96-900-4180 namun kualitas kristal masih belum baik.

SUMMARY

Synthesis and Characterization of Zinc Oxide Nanoparticles With Direct Current Method Thermal Plasma; Achmad Sholihin, 101910101086; 2016; page; Mechanical Engineering Major Faculty of Engineering Jember University

The development of nanotechnology to date being conducted by researchers from the academic world as well as from the industrial world. Especially in Indonesia researchers are competing to realize the new in nanotechnology world. But the progress of nanotechnology in Indonesia began to experience a slowdown compared with other countries. Because the source of the technology required for the development of nanotechnology are still largely dependent on foreign products

Thermal plasma technology is widely used for materials processing. In addition to being a source of very high temperatures, is also an easy medium to realize many important reactions in the metallurgical and chemical industries. In this study the process of making nanomaterial ZnO using a DC thermal plasma simple observation parameter influence of variations in the flow rate of Zn to the state of morphology and crystallinity nanopartikel ZnO with a variation of 0.051 gr / sec, 0.068 gr / sec, and 0.085 gr / sec passing through the plasma flame

SEM testing results show any variation changes the size at which the variation of 0.051 gr / sec of 67.39 nm, 0.068 gr / sec 58,8 nm, and 0.085 g / sec at 50.81 nm. The analysis was obtained for this study are greater the flow rate of the powder, the dimensions of the particles produced will be smaller. XRD testing showed results consistent with the data from the data base and 96-900-4180 173 445 rev COD but still good crystalline quality.

PRAKATA

Segala puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat-Nya sehingga skripsi ini dapat tersusun sesuai dengan yang diharapkan. Penulis menyusun skripsi ini guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember. Selain itu penulis berharap agar skripsi yang telah tersusun ini dapat bermanfaat baik bagi penulis pada khususnya maupun bagi masyarakat pada umumnya.

Penulis mengucapkan banyak-banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini khususnya kepada:

1. Bapak Ir.Franciscus Xaverius Kristianta M.Eng selaku dosen pembimbing utama, dan Bapak Imam Sholahuddin S.T., M.T selaku dosen pembimbing anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penyusunan skripsi ini.
2. Orang Tua Penulis yang selalu memberikan dukungan baik dalam bentuk do'a, pikiran maupun materi.
3. Teman-teman yang telah banyak membantu dalam memberikan dukungan. Khususnya Tim Riset 10.
4. Semua pihak yang telah banyak membantu yang tidak dapat disebutkan satu per satu

Dalam penyusunan skripsi ini, Penulis berusaha semaksimal mungkin agar skripsi yang disusun ini menjadi sempurna tanpa adanya satu kekurangan apapun juga. Namun tidak menutup kemungkinan bagi pembaca yang akan memberikan saran ataupun kritik tentu saja akan penulis pertimbangkan.

Jember, 26 Mei 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
<u>BAB 1. PENDAHULUAN</u>	1
<u>1.1 Latar Belakang</u>	1
<u>1.2 Rumusan Masalah</u>	3
<u>1.3 Tujuan Penelitian dan Manfaat Penelitian</u>	3
<u>1.4 Batasan Masalah</u>	4
<u>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</u>	5
<u>2.1 Nanomaterial</u>	5
<u>2.2 Seng Oksida (ZnO)</u>	6
<u>2.3 Metode Pembuatan partikel</u>	9
<u>2.4 Metode DC termal plasma</u>	12

<u>2.5 Aplikasi Nanopartikel ZnO</u>	14
<u>2.6 Karakterisasi Nanopartikel ZnO</u>	16
<u>2.7 Hipotesa</u>	19
<u>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</u>	20
<u>3.1 Metode penelitian yang digunakan</u>	20
<u>3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian</u>	20
<u>3.3 Bahan Dan Alat Penelitian</u>	20
<u>3.2.1 Bahan</u>	20
<u>3.2.2 Alat</u>	20
<u>3.3 Pelaksanaan Penelitian</u>	21
<u>3.4 Penyajian hasil penelitian</u>	22
<u>3.5 Karakterisasi Nanopartikel ZnO</u>	22
<u>3.6 Diagram alir penelitian</u>	23
<u>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</u>	24
<u>4.1 Proses Sintesis Nanopartikel ZnO</u>	24
<u>4.2 Karakterisasi Nanopartikel ZnO</u>	25
<u>4.3 Pembahasan</u>	27
<u>BAB 5. PENUTUP</u>	38
<u>5.1 Kesimpulan</u>	38
<u>5.2 Saran</u>	38

Daftar Gambar

Gambar 2.1 : Perbandingan Ukuran Nanometer 4

Gambar 2.2 : Struktur ZnO 6

Gambar 2.3 : Karakteristik nanopartikel ZnO 7

Gambar 2.4 : Gambar proses pembentukan partikel 9

Gambar 2.5 : Proses pembentukan nanopartikel melalui busur api plasma 11

Gambar 2.6 : Ragam bentuk umum busur thermal plasma yang digunakan
untuk sintesa serbuk nano 11

Gambar 2.7 : Susunan komponen yang digunakan untuk sistem thermal
plasma sintesa nanopartikel 12

Gambar 2.8 : Hasil SEM ZnO dengan metode DC termal plasma 15

Gambar 2.9 : Hasil XRD nanopartikel ZnO dengan metode DC termal plasma .. 16

Gambar 3.1 : Mesin DC termal plasma Rilon Cut 4 19

Gambar 3.2 : Reaktor Mesin DC termal plasma 19

Gambar 3.3 : Skema Reakto DC thermal plasma 20

Gambar 3.4 : Diagram alir penelitian 22

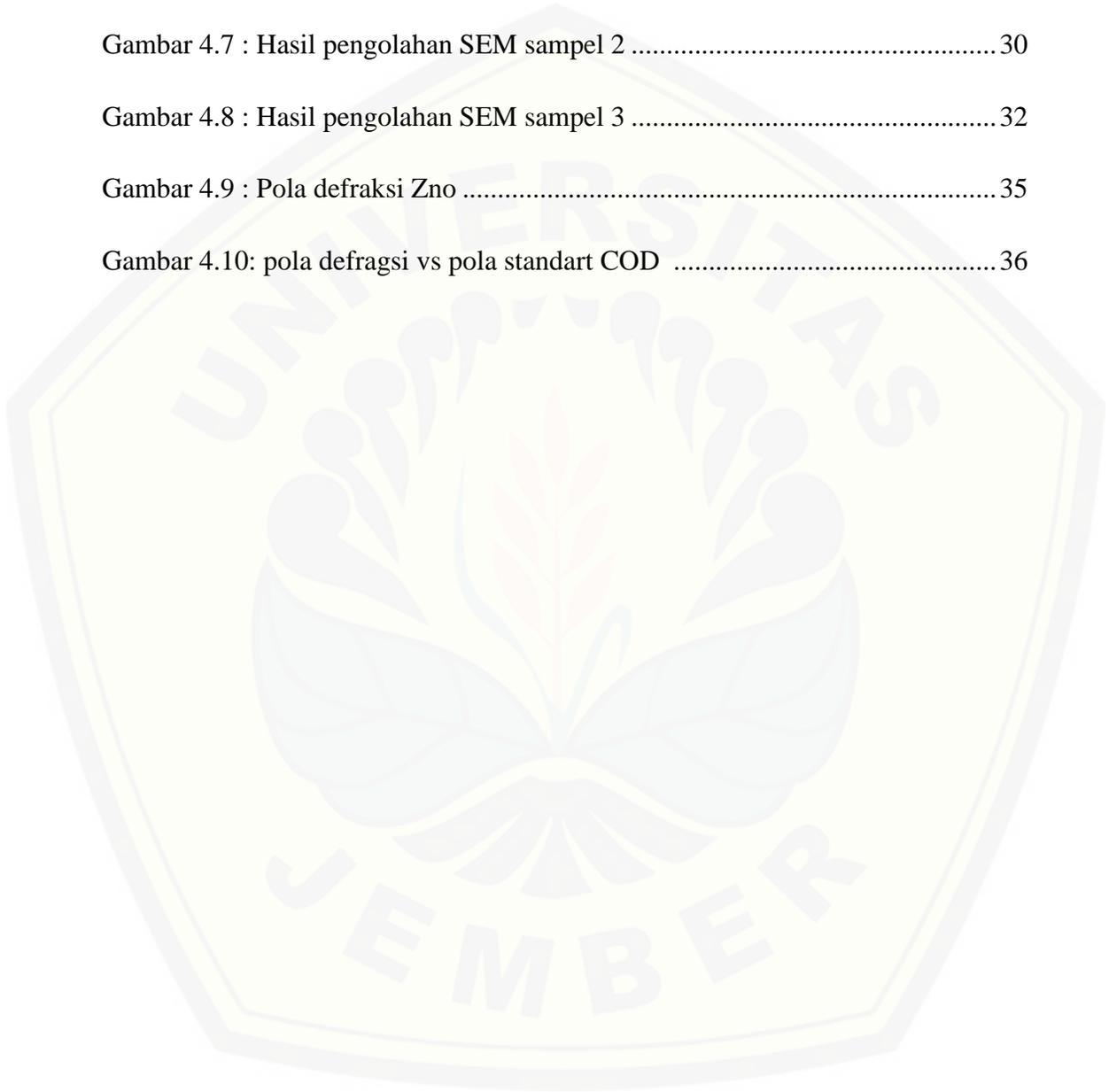
Gambar 4.1 : Proses terbentuknya nanopartikel 23

Gambar 4.2 : Foto hasil sintesis nanopartikel 25

Gambar 4.3 : Hasil SEM sampel 1 25

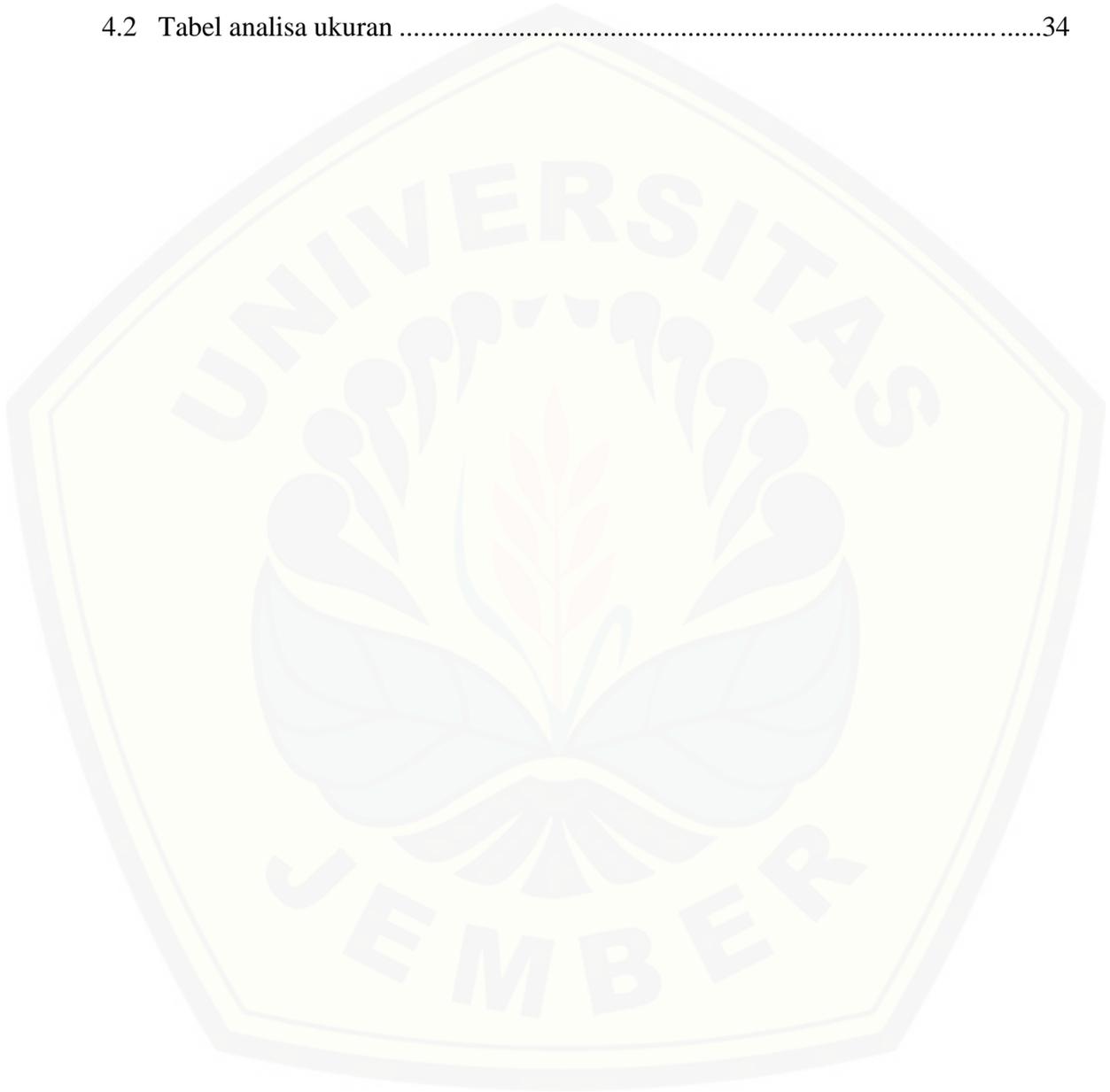
Gambar 4.4 : Hasil SEM sampel 2 25

Gambar 4.5 :Hasil SEM sampel 3	26
Gambar 4.6 : Hasil pengolahan SEM sampel 1	28
Gambar 4.7 : Hasil pengolahan SEM sampel 2	30
Gambar 4.8 : Hasil pengolahan SEM sampel 3	32
Gambar 4.9 : Pola defraksi Zno	35
Gambar 4.10: pola defragasi vs pola standart COD	36



Daftar Tabel

4.1	Data pengamatan sampel.....	24
4.2	Tabel analisa ukuran	34



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengembangan nanoteknologi sampai saat ini terus dilakukan oleh para peneliti dari dunia akademik maupun dari dunia industri. Khususnya di Indonesia para peneliti seolah berlomba untuk mewujudkan karya baru dalam dunia nanoteknologi. Namun keterbaruan dan kemajuan nanoteknologi di Indonesia mulai mengalami perlambatan dibandingkan dengan negara lain. Karena sumber teknologi yang dibutuhkan untuk pengembangan nanoteknologi sebagian besar masih bergantung pada produk luar negeri (Haryono dkk., 2008). Salah satu bidang yang diminati oleh para peneliti adalah pengembangan metode sintesis nanopartikel.

Material yang banyak disintesa menjadi berukuran nano adalah Seng Oksida (ZnO). Hal ini dikarenakan ZnO memiliki sifat fisik dan kimia yang stabil dan telah digunakan dalam aplikasi yang luas antara lain di industri elektronika, kimia maupun mekanikal. Aplikasi ZnO di masing-masing bidang tersebut dipengaruhi oleh kemurnian dari ZnO. Dalam bidang peternakan terutama makanan ternak disyaratkan kadar kemurnian ZnO 72-79%, pada proses pembuatan ban motor atau mobil menggunakan ZnO kemurniannya 99,5%, dan dalam bidang kedokteran atau medis disyaratkan tingkat kemurniannya 99,99% (Prabandono dkk., 2012).

Metode pembuatan nanopartikel ZnO berdasarkan besar kapasitas produksi dibagi menjadi 2 yaitu *Pyrometallurgical synthesis* dan *Hydrometallurgical synthesis*. Sedangkan *Pyrometallurgical* dibagi lagi menjadi *indirect (French) process* dan *direct (America) process*. Untuk produksi skala kecil dibagi menjadi :ZnO dari larutan cair garam seng, ekstraksi larutan dan pyrolisis seng nitrat, deposisi lapisan film tipis, sintesis fasa gas, sol gel, hidrothermal plasma, *chemical vapor deposition (CVD)*, dll. (Moezzi dkk., 2012).

Dari beberapa metode diatas intinya menggunakan metode *Top down* melalui proses pengurangan dimensi partikel (*ball mill, jet mill* dll), *bottom up* melalui proses penyusunan atom atom yang berasal dari sintesa fasa gas melalui proses fisik maupun

kimiawi (plasma, laser, sputtering dll.), dan terakhir metode sintesa berbasis fasa cair (dekomposisi thermal, *spray drying* dll) yang menghasilkan berbagai bentuk morfologi dan jenis material berukuran nano (Vollath, 2008). Pertimbangan utama dalam proses pembuatan material nanopartikel yaitu kemudahan dalam pembuatan, biaya teknologi pembuatan yang murah, jangkauan produk yang dihasilkan, laju produksi yang tinggi dan aplikasi produk yang sangat luas.

Teknologi thermal plasma semakin banyak digunakan dalam aplikasi pengolahan bahan. Selain menjadi sumber suhu yang sangat tinggi, juga merupakan media mudah untuk mewujudkan banyak reaksi penting dalam industri metalurgi dan kimia. Banyak digunakan dalam mengembangkan pelapisan permukaan, untuk sintesis keramik maju (metal oksida), produksi bahan nanokristalin dan untuk pengembangan metalurgi dan mineral dalam menghasilkan nilai tambah. Beberapa metode masih sangat sulit untuk menghasilkan jumlah yang relatif besar untuk produk nanopartikel dengan biaya rendah. Baru-baru ini, teknik DC thermal plasma telah dikembangkan untuk mensintesis berbagai nanopartikel oksida dengan kualitas tinggi tetapi juga sangat murah dengan laju produksi yang tinggi (M. Nirmala, 2010; Takayuki, 2009; YI Jian-hong, 2009). Metode ini juga telah digunakan secara luas oleh banyak industri karena fleksibilitas untuk mensintesis logam, paduan (*alloy*), material oksida, polimer, dan bubuk komposit (T. Laha, 2005).

Pada penelitian ini proses pembuatan nanomaterial ZnO menggunakan metode DC thermal plasma sederhana dengan parameter pengamatan pengaruh variasi laju aliran Zn terhadap keadaan morfologi dan kristalinitas nanopartikel ZnO.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian diatas diperoleh perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah pengaruh variasi laju aliran serbuk Zn terhadap morfologi nanopartikel ZnO menggunakan metode DC thermal plasma?
2. Bagaimanakah pengaruh laju aliran bahan Zn terhadap kristalinitas nanopartikel ZnO menggunakan metode DC thermal plasma?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi laju aliran bahan Zn terhadap morfologi nanopartikel ZnO menggunakan metode DC thermal plasma?
2. Untuk mengetahui pengaruh laju aliran bahan Zn terhadap kristalinitas nanopartikel ZnO menggunakan metode DC thermal plasma?

1.3.2 Manfaat

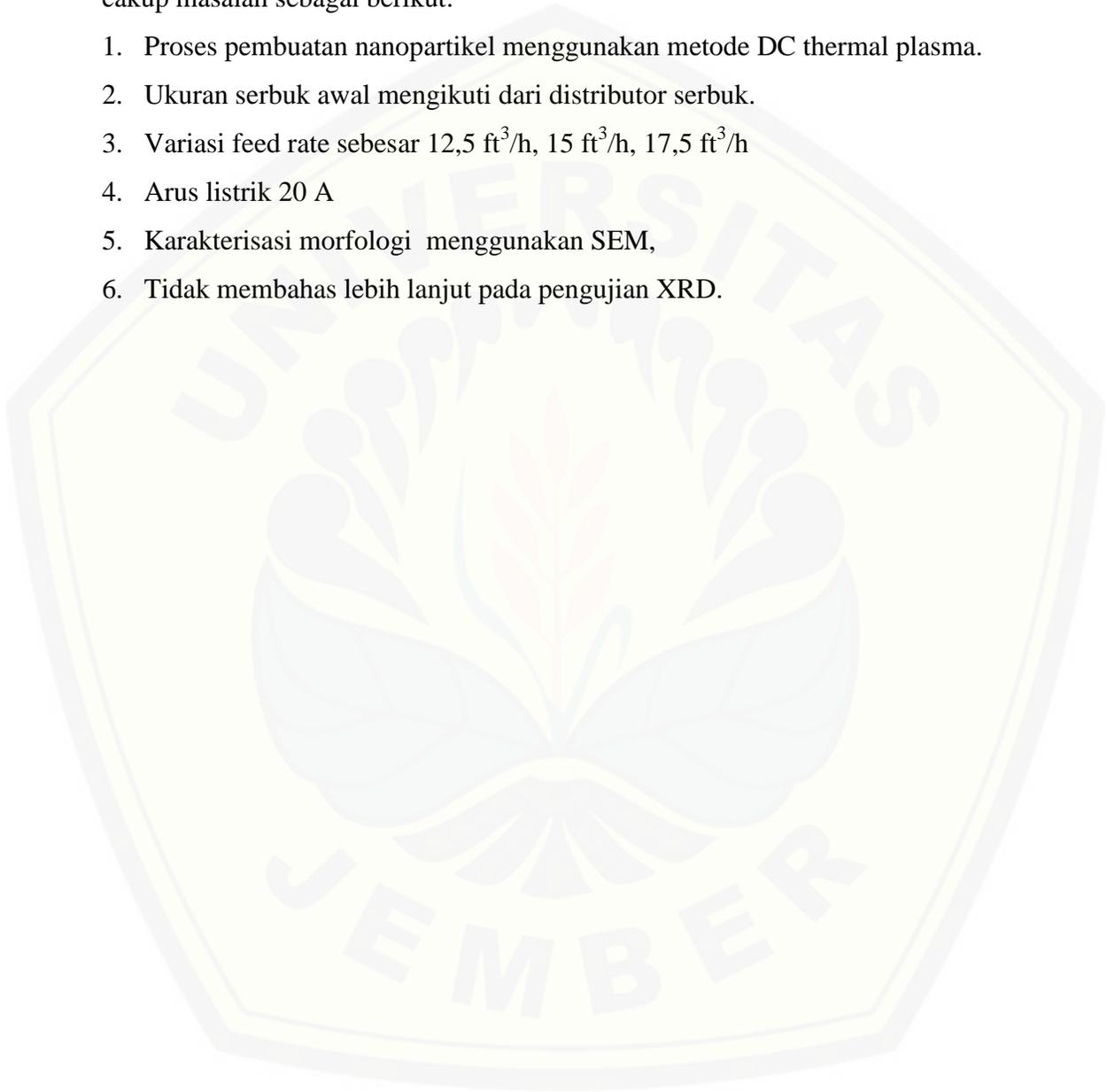
Manfaat dari penelitian ini:

1. Memberikan penjelasan secara teoritis mengenai pengaruh variasi laju aliran serbuk Zn terhadap morfologi nanopartikel ZnO menggunakan metode DC thermal plasma.
2. Memberikan penjelasan secara teoritis mengenai pengaruh laju aliran serbuk Zn terhadap kristalinitas nanopartikel ZnO menggunakan metode DC thermal plasma.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memberi ruang lingkup yang jelas dalam penelitian ini penulis membatasi cakup masalah sebagai berikut:

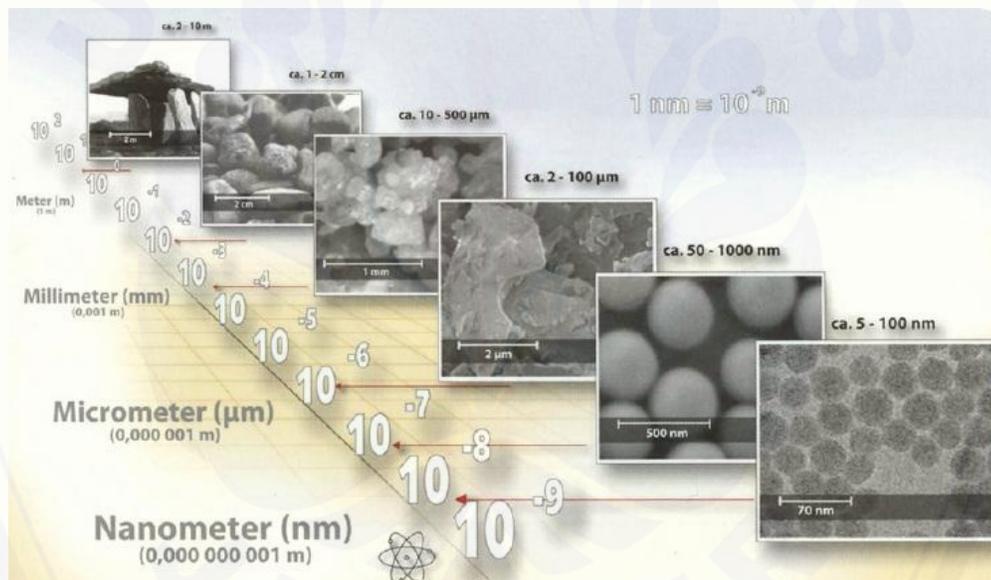
1. Proses pembuatan nanopartikel menggunakan metode DC thermal plasma.
2. Ukuran serbuk awal mengikuti dari distributor serbuk.
3. Variasi feed rate sebesar 12,5 ft³/h, 15 ft³/h, 17,5 ft³/h
4. Arus listrik 20 A
5. Karakterisasi morfologi menggunakan SEM,
6. Tidak membahas lebih lanjut pada pengujian XRD.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nanomaterial

Istilah nano merupakan simbol yang digunakan untuk menyatakan satu milyar. Nanometer berarti 10^{-9} m (0,000000001) satu per satu milyar dari meter, sedangkan nanoteknologi adalah ilmu dan rekayasa dalam penciptaan material, struktur fungsional, maupun piranti dalam skala nanometer. Nanomaterial merupakan material yang berukuran nanometer. Proses pembentukan suatu nanomaterial akan mempengaruhi bentuk dan sifat dari material itu sendiri (Mikrajuddin, 2007)



Gambar 2.1 : Perbandingan Ukuran Nanometer (Kulkarni,dkk)

Penggunaan nanomaterial terus dikembangkan dalam dunia industri serta mencari metoda metoda yang paling mudah dan menguntungkan dalam segi ekonomi. Dalam dunia industri, seperti industri otomotif, plastik dan energi, metoda yang digunakan dalam menghasilkan nanomaterial terus dimodifikasi untuk meningkatkan kualitas produk dan hasil produksi (Pitkethly.,2004). Hasil dari suatu material bergantung pada sifat material penyusunnya, sifat ini tergantung pada struktur atom,

komposisi, kecacatan, mikrostruktur dan antarmuka yang dikontrol oleh sifat-sifat termodinamik dan kinetik. Penggunaan nanomaterial dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang, seperti: bidang kesehatan/ kedokteran, biologi/ bioteknologi, peralatan elektronik, kimia, pertanian dan industri obat dan makanan. Banyaknya aplikasi dari penggunaan nanomaterial ini, disebabkan karena materialnya bisa dimanipulasi sampai ukuran yang sangat kecil (berkisar antara 1 nm – 250 nm) sehingga bisa menjadi lebih efektif dan efisien dalam penggunaannya

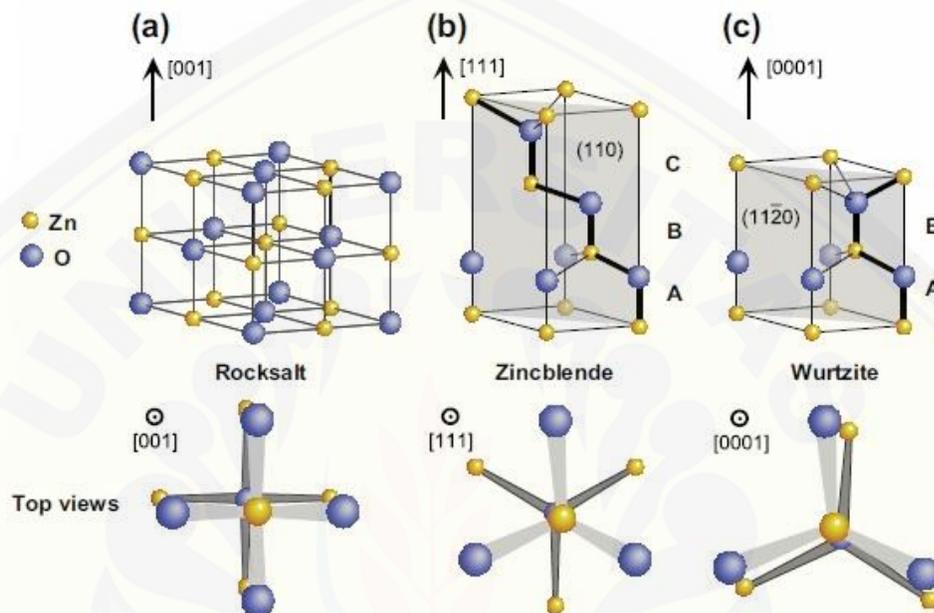
Nanopartikel dapat terjadi secara alamiah ataupun melalui proses sintesis oleh manusia. Sintesis nanopartikel bermakna pembuatan partikel dengan ukuran yang kurang dari 100 nm dan sekaligus mengubah sifat atau fungsinya.

2.2 Seng Oksida (ZnO)

Seng oksida merupakan suatu senyawa kimia anorganik oksida logam yang umumnya berupa serbuk. Serbuk seng oksida ini sangat banyak digunakan sebagai bahan aditif pada berbagai produk material seperti plastik, keramik, kaca, semen, karet, pelumas, cat, adesif, hingga perangkat elektronik. Luasnya aplikasi dari seng oksida terkait dengan berbagai sifat yang dimilikinya, antara lain harganya yang ekonomis, sensitivitas gas yang baik, aktivitas fotokatalitik, anti bakteri, sifat optis yang dapat direkayasa, kemampuan sebagai katalisator dan sifat non-toxic pada konsentrasi yang cukup rendah (Ramahdita, 2011).

Seng oksida memiliki tiga jenis struktur kristal, yaitu *wurtzite*, *zincite* atau *zinblend* dan *rocksalt*. Seng oksida yang tersedia sebagai mineral di alam memiliki struktur *zincite*. Struktur kristal ini berbentuk *sphalerite* dengan adanya atom Zn di setiap sudut dan bagian tengah sisi (*face centered cubic*, FCC) dan atom O sebagai interstisi di antara empat atom Zn yang berdekatan. Di lain hal, seng oksida yang biasa diproduksi secara komersial merupakan hasil sintesis dan berstruktur *wurtzite*. Struktur ini memiliki bentuk heksagonal dan stabil pada suhu ruang (Rahman, 2011). Struktur kristal *wurtzite* dan *zinc blende* dapat dilihat pada Gambar 2.2. Berbeda

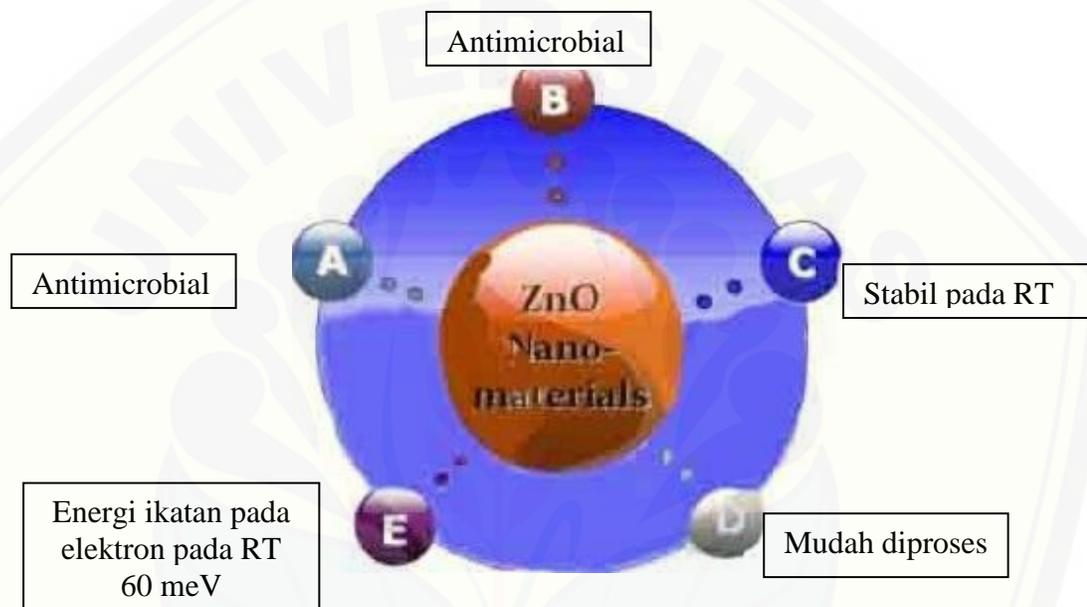
dengan dua struktur kristal lain yang cukup banyak diperoleh, seng oksida dengan struktur rocksalt hanya dapat diperoleh pada tekanan tinggi.



Gambar 2.2: Struktur ZnO (Ozgur dkk, 2013)

Nanopartikel ZnO merupakan semikonduktor golongan II-VI yang memiliki struktur kristal wurtzite, seperti dapat dilihat pada Gambar 2.1, memiliki nilai band-gap energy yang tinggi yaitu 3.07 eV dan excitation binding energy yang kuat, yaitu 60 meV. Nilai energi celah pita tertinggi yang pernah dicapai oleh nanopartikel ZnO adalah 3.20 eV. Hal ini membuat nanomaterial ini cukup menjanjikan untuk aplikasi semikonduktor dan DSSC. Di lain sisi, sifat antimicrobial yang dimiliki oleh material ini juga memperluas aplikasi untuk nanopartikel ZnO. Keunggulan nanostruktur dari ZnO tidak hanya dilihat dari segi aplikasinya, tetapi juga kelayakan yang dimiliki untuk difabrikasi melalui metode sintesis yang konvensional. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa nanopartikel ZnO dapat difabrikasi melalui berbagai teknik, mulai dari yang konvensional seperti milling dan metode kimiawi basah, hingga metode fabrikasi yang cukup kompleks seperti molecular beam epitaxy dan

chemical vapor deposition yang membutuhkan teknologi tinggi. Karena struktur kristal yang dimilikinya, nanopartikel ZnO hasil sintesis stabil pada temperatur ruang. Hal ini mendukung kecenderungan nanopartikel ZnO untuk dimanfaatkan lebih lanjut pada berbagai aplikasi. Secara umum, karakteristik yang dimiliki oleh nanopartikel ZnO dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.3 : Karakteristik nanopartikel ZnO (Ramahdita, 2011)

Nilai tersebut merupakan yang tertinggi dibandingkan dengan material nanostruktur dimensi satu (1D) lainnya. Beberapa bentuk kristal ZnO yang berhasil ditemukan antara lain, yang berdimensi satu (1-D) seperti nanorod, tube, wire, berdimensi dua (2-D) yaitu nanosheet, hexagon, tower, dan comb, serta berdimensi tiga (3-D) berupa nanoflower. Dengan struktur kristal yang dimilikinya, seng oksida memiliki potensi yang luas di bidang elektronik, tidak hanya sebagai material semikonduktor, tetapi juga piezoelektrik, spintronik, sensor gas, surface acoustic wave (SAW), sel surya hybrid LED dan berbagai jenis elektroda.

Penelitian yang dilakukan mengenai fabrikasi dalam skala nano telah menunjukkan bahwa semikonduktor nanostruktur memiliki tingkat fleksibilitas fungsi

melalui desain atau pengaturan strukturnya. Dalam konteks ini, tujuan utamanya adalah untuk:

- (i) Menciptakan berbagai alat/device dengan ukuran yang kecil,
- (ii) Meningkatkan kepresisian dimensi,
- (iii) Pengontrolan dan desain berbagai sifat-sifat material berukuran kecil

Salah satu hal yang sangat diperhatikan dalam pengembangan nano struktur adalah usaha pengaturan sifat-sifat dari material melalui modifikasi ukuran. Hal ini dikarenakan material dengan ukuran yang kecil akan memiliki sifat yang berbeda dengan material makroskopisnya, seperti sifat optik dan reaktivitasnya. Pengontrolan struktur dari nanomaterial merupakan langkah awal yang penting dalam usaha menciptakan, nanodevice, dan aplikasi lainnya, diantaranya untuk sel surya, fotokatalis dan fotoelektrik, antibakteri pada polimer keperluan medis, kosmetik, coating, sensor piezoelektrik, dan biosensor.

2.3 Metode pembuatan nanopartikel

Dalam menghasilkan nanomaterial, maka dikenal beberapa metoda yang biasa digunakan dalam sintesis nanomaterial salah satunya yaitu sintesis fasa gas nanopartikel, yang melibatkan proses kondensasi gas inert, sintesis uap kimia dan fisika, proses ablasi laser, plasma microwave, aerosol, dan pelapisan (Vollat., 2008).

Secara umum proses pembentukan nanopartikel dapat dibagi kedalam 2 bagian, yaitu:

a. Top down approach

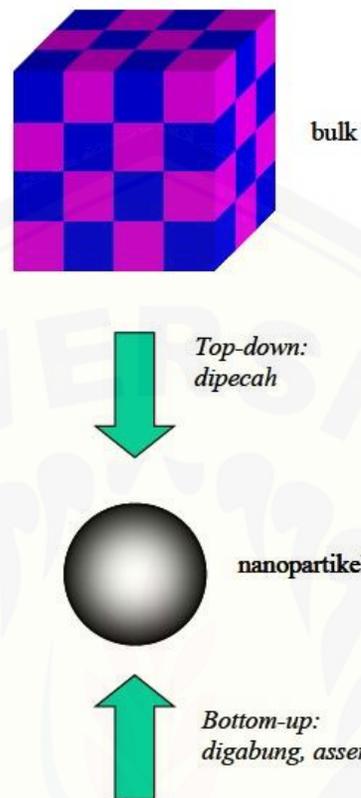
Metode top-down (pengecilan ukuran) adalah memecah partikel berukuran besar menjadi partikel berukuran nanometer. Metoda yang digunakan pada proses top-down antara lain:

- *Pearl/Ball Milling*
- *High-pressure homogenization*
- *Lithography/etching*

b. Bottom-up approach

Metode Bottom-up (penyusunan atom-atom) adalah memulai dari atom-atom atau molekul-molekul atau kluster-kluster yang diassembli membentuk partikel berukuran nanometer yang dikehendaki. Metode pembuatan partikel nano terdiri atas beberapa proses kimia dan fisika, yang meliputi:

1. Proses *wet chemical*, yaitu proses presipitasi seperti: kimia koloid, metoda *hidrotermal*, dan proses *sol-gel*. Proses ini intinya mencampur ion-ion dengan jumlah tertentu dengan mengontrol suhu dan tekanan untuk membentuk insoluble material yang akan terbentuk endapan. Endapan dikumpulkan dengan cara penyaringan atau *spray drying* untuk mendapatkan butiran kering.
2. *Mechanical process*, termasuk *grinding*, *milling*, dan teknik *mechanical alloying*. Intinya material ditumbuk secara mekanik untuk membentuk partikel yang lebih halus.
3. *Form-in-place process*, seperti *lithography*, *vacum deposition process*, dan *spray coating*. Proses ini spesifik untuk membuat nanopartikel *coating*
4. *Gas-phase synthesis*, termasuk didalamnya adalah mengontrol perkembangan *carbon nanotube* dengan proses *catalytic cracking* terhadap gas yang penuh dengan karbon seperti metan.



Gambar 2.4 : Gambar proses pembentukan partikel (Abdullah, 2008)

Selain itu, tahapan pembentukan partikel dapat dikelompokkan atas beberapa tahapan penting, yaitu:

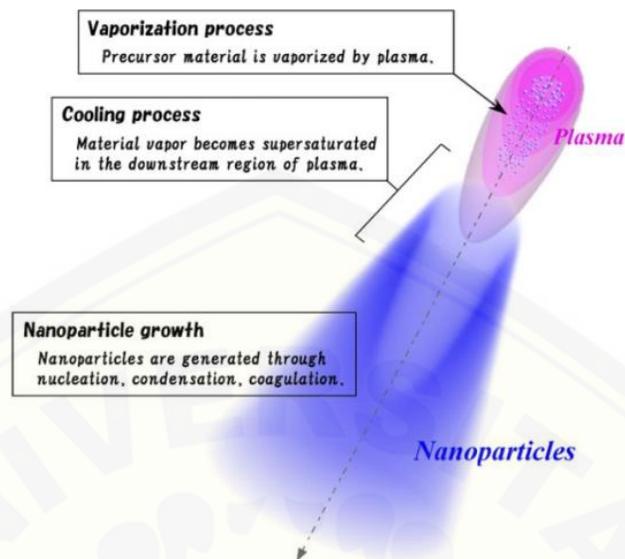
1. Nukleasi.
2. Kondensasi atom-atom atau molekul.
3. Koagulasi oleh pertukaran energi permukaan.
4. Agglomerasi atau penggumpalan.

Untuk menghasilkan nanopartikel menggunakan fasa gas, maka yang paling penting adalah kondensasi gas inert. Prinsip dasar dari proses kondensasi gas inert adalah bagaimana logam diintroduksi dan diuapkan. Salah satu pendekatan yang paling mungkin adalah memanaskannya dengan elektron. Ablasi laser biasanya digunakan untuk menghasilkan nanopowder, yang terdiri dari dua bagian penting yaitu: pulsed high-power laser dan sistem fokus optik. Proses sintesis uap kimia

dan fisika umumnya mengalami proses acak, dimana spesies aktif, temperatur, dan kecepatan pendinginan dalam gas mampu mempengaruhi ukuran partikel dan distribusi ukuran partikel.

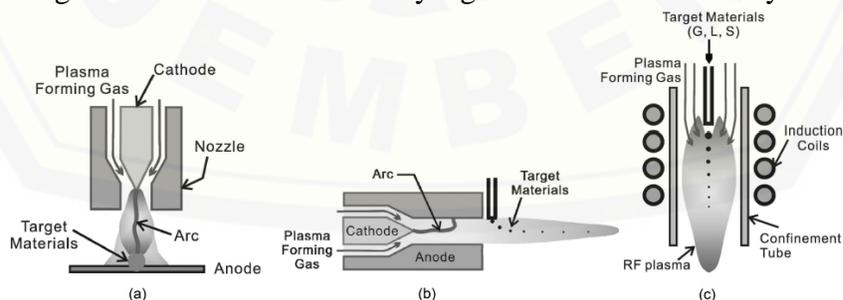
2.4 Metode DC termal plasma

Teknologi DC termal plasma terbukti menjadi salah satu topik yang diminati. Karena memiliki keunggulan waktu proses yang singkat, reaktivitas kimia yang cepat, dan memiliki suhu mencapai 10^4 K. Proses thermal plasma telah banyak digunakan dan memiliki potensi yang sangat menguntungkan baik untuk sintesa nanopartikel maupun deposisi lapisan struktur skala nano. Secara terpisah suhu yang tinggi dan densitas serbuk berpengaruh kuat terhadap laju proses produksi nanopartikel dan proses pelapisan. Seperti pada gambar 2.3 dibawah, produksi nanopartikel dimulai dari penguapan material prekursor melalui api plasma dengan suhu yang sangat tinggi. Kemudian uap berlalu melewati hingga busur api plasma terjauh dimana suhu api mulai terjadi penurunan secara drastis. Proses quenching mengakibatkan uap berada pada posisi supersaturasi yang tinggi menghasilkan sejumlah tahapan produksi nanopartikel secara cepat melalui homogenisasi nukleasi, heterogenisasi kondensasi dan koagulasi partikel. Thermal plasma dapat dihasilkan dari bermacam-macam gas atau pencampuran beberapa gas yang memungkinkan nanopartikel dapat dibuat menjadi beragam jenis keramik sama seperti metal dan alloy (Masaya, 2011).

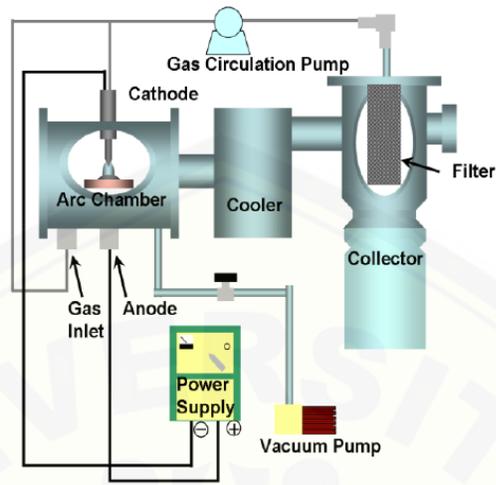


Gambar 2.5 Proses pembentukan nanopartikel melalui busur api plasma (Masaya, 2011).

Teknologi plasma secara umum terdapat tiga jenis metode yang sering digunakan (gambar 2.4) yaitu Transfer busur plasma DC, non-transfer busur plasma DC, busur plasma RF dan telah memenuhi banyak harapan industri maupun peneliti dalam menghasilkan produk partikel nano yang efisien dan ekonomis. Salah satu metode yang mudah, murah dan lebih tepat digunakan untuk sintesa nanopartikel yaitu menggunakan metode non-transfer busur plasma DC. Untuk Transfer busur plasma DC biasanya digunakan untuk pendeposisian material diatas substrat. Sedangkan metode busur plasma RF, menggunakan medan induksi yang dihasilkan dari coil dengan konstruksi dan instalasi yang lebih rumit dan berbiaya mahal.



Gambar 2.6 Ragam bentuk umum busur thermal plasma yang digunakan untuk sintesa serbuk nano (a) Transfer busur plasma DC, (b) non-transfer busur plasma DC, (c) busur plasma RF (Jun-Ho, 2012)



Gambar 2.7 Susunan komponen yang digunakan untuk sistem thermal plasma sintesa nanopartikel (Watanable, 2009).

Dari gambar 2.7 diatas menunjukkan bahwa komponen utama untuk sistem thermal plasma adalah arc chamber, power supply (generator plasma) katoda dan anoda, pendingin, kolektor, pompa vakum, pompa resirkulasi gas dan filter. Secara simultan prekursor material dihisap melalui pompa vakum, dialirkan busur api plasma yang ada di arc chamber, dihisap oleh pompa resirkulasi gas melalui filter dan nanopartikel jatuh dengan sendirinya didalam ruang kolektor.

Dalam penelitian ini akan dibuat nanopartikel ZnO dengan metode DC termal plasma bertujuan mengetahui proses terbentuknya nanopartikel pada reaktor, untuk memprediksi partikel yang dihasilkan dan parameter operasi yang mempengaruhinya.

2.5 Aplikasi Nanopartikel ZnO

Beberapa aplikasi ZnO di berbagai bidang menurut (Amir Moezzi, 2011):

1. Industri karet

Sekitar 50% dari penggunaan ZnO dalam industri karet. Seng oksida bersama dengan asam stearat mengaktifkan vulkanisasi, yang dinyatakan tidak mungkin terjadi sama sekali. Seng oksida dan asam stearat adalah bahan dalam pembuatan karet. Campuran dua senyawa memungkinkan karet lebih cepat dan lebih terkendali. ZnO juga merupakan bahan aditif untuk karet ban mobil. Vulkanisasikatalis berasal

dari seng oksida, dan itu sangat meningkatkan konduktivitas termal, yaitu sangat penting untuk mengurangi panas yang dihasilkan oleh deformasi ketika ban berputar. Zat aditif ZnO juga melindungi karet dari jamur dan sinar UV.

2. Kedokteran

Partikel ZnO merupakan partikel oksida yang dapat menghilangkan bau dan antibakteri dan juga dapat ditambahkan ke dalam berbagai bahan termasuk kain katun, karet, kemasan makanan, dll. Seng oksida banyak digunakan untuk mengobati berbagai jenis kondisi kulit, seperti produk bedak bayi dan krim pelindung, krim kalamina, shampo anti ketombe, dan salep anti septik. Zinc oksida juga dapat digunakan oleh atlet sebagai perban untuk mencegah kerusakan jaringan lunak selama latihan. Ketika digunakan sebagai bahan dalam tabir surya, seng oksida hanya berada di permukaan kulit dan tidak terserap ke dalam kulit, dan melindungi dari kedua sinar UVA (320-400 nm) dan UVB (280-320 nm) yang merupakan sinar ultraviolet. Karena seng oksida (juga pada umumnya, titanium dioksida) tidak terserap ke dalam kulit, maka material ini tidak menyebabkan iritasi.

3. Filter rokok

Zinc oksida merupakan konstituen dari filter rokok untuk menghilangkan komponen berbahaya dari asap tembakau. Sebuah filter yang terdiri dari arang dengan seng oksida dan besi oksida untuk menghilangkan HCN dan H₂S dari asap tembakau tanpa mempengaruhi rasanya.

4. Pigmen

Seng putih digunakan sebagai pigmen dalam cat. Hal ini juga digunakan dalam pelapis untuk kertas. Seng oksida juga merupakan bahan utama dalam pembuatan bahan mineral pada make-up.

5. Lapisan

Cat yang mengandung bubuk seng oksida telah lama digunakan sebagai pelapis anti korosi untuk berbagai macam logam. Terutama lebih efektif untuk besi galvanis. Namun terakhir-terakhir ini sulit digunakan untuk melindungi karena reaktivitas dari coating organik yang menyebabkan kerapuhan dan kurangnya kemampuan adhesi.

Namun cat yang mengandung seng oksida dapat mempertahankan fleksibilitas pada permukaan selama bertahun-tahun.

2.6 Karakterisasi Nanopartikel ZnO

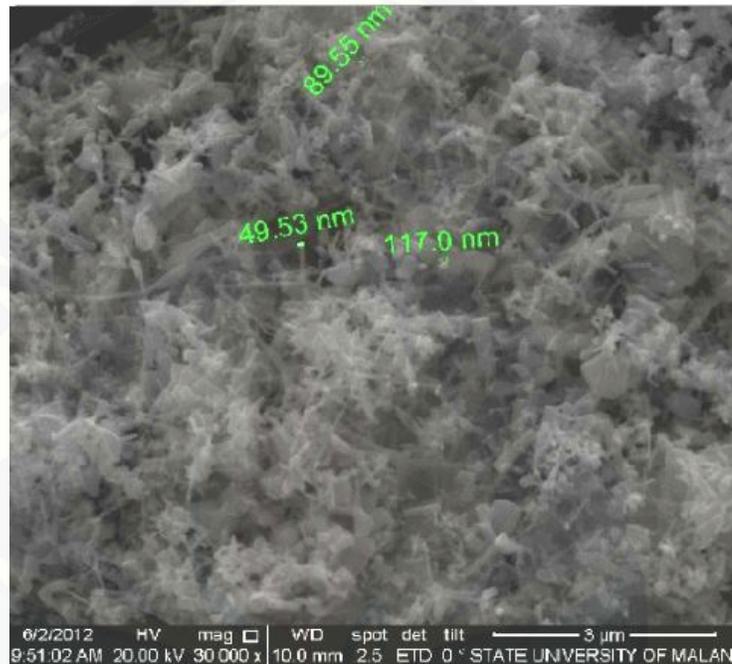
2.6.1 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM) adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambar profil permukaan benda. Prinsip kerja SEM adalah menembakkan permukaan benda dengan berkas elektron berenergi tinggi. Permukaan benda yang dikenai berkas akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah. Tetapi ada satu arah di mana berkas dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detektor di dalam SEM mendeteksi elektron yang dipantulkan dan menentukan lokasi berkas yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Arah tersebut memberikan informasi profil permukaan benda seperti seberapa landai dan ke mana arah kemiringan. Syarat agar SEM dapat menghasilkan citra yang tajam permukaan benda harus bersifat sebagai pemantul elektron atau dapat melepaskan elektron sekunder ketika ditembak dengan berkas elektron. Oleh karena itu, benda yang akan di uji harus dilapisi dengan logam. Jika benda yang akan diamati berasal dari logam tidak perlu dilapisi dengan logam lagi (Mikrajuddin A. dan Khairurrijal, 2009)

Perangkat SEM pada dasarnya terdiri dari empat sistem yang terinterigasi, yaitu (Maryanti, 2008):

1. Sistem iluminati yang menghasilkan berkas elektron dan mengarahkan sampel.
2. Sistem informasi, yang meliputi data yang dilepaskan oleh sampel selama penembakan elektron. Sinyal data ini dipisah-pisahkan dan dianalisis oleh suatu detektor.
3. Sistem layar, terdiri dari satu atau dua tabung sinar katoda untuk mengamati dan memotret permukaan yang diinginkan.

4. Sistem vakum yang berfungsi untuk menghilangkan gas dari kolom mikroskop agar tidak berinteraksi dengan berkas elektron sehingga mengganggu dalam pembentukan gambar.

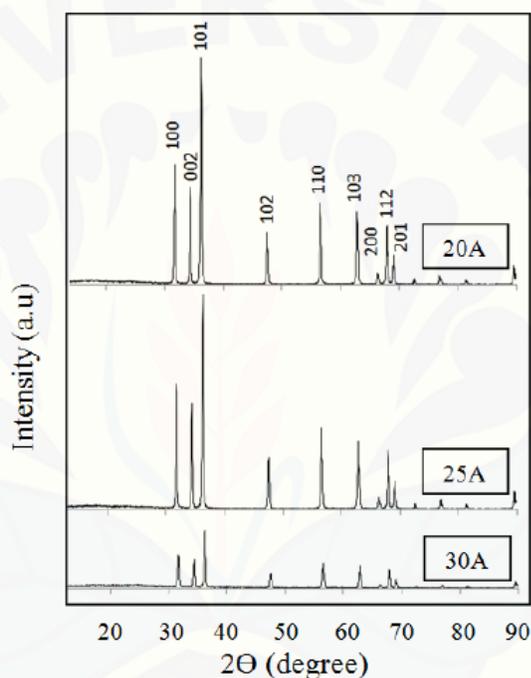


Gambar 2.8 : Hasil SEM ZnO dengan metode DC termal plasma (Prabandono, 2012)

Hasil uji SEM dari ZnO nanopartikel dengan menggunakan DC thermal plasma ditunjukkan gambar 2.8. Uji SEM yang dilakukan hanya pada material ZnO yang memiliki kemurnian yang tertinggi yaitu pada arus 25A. Dari masing masing gambar SEM tersebut terlihat morfologi ZnO hasil sintesa dengan menggunakan DC *thermal plasma* reaktor adalah ZnO nanorods (Prabandono dkk, 2012).

2.6.2 XRD (X-Ray Diffraction)

Difraksi sinar-X digunakan untuk mengidentifikasi struktur kristal suatu padatan dengan membandingkan nilai jarak d (bidang kristal) dan intensitas puncak difraksi dengan data standar. Sinar-X merupakan radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang sekitar 100 pm yang dihasilkan dari penembakan logam dengan elektron berenergi tinggi.



Gambar 2.9 : Hasil XRD nanopartikel ZnO dengan metode DC termal plasma (Prabandono, 2012).

Gambar 2.9 menunjukkan pola dari ZnO yang terbentuk dari proses sintesa Zn menjadi ZnO dengan metode *DC thermal plasma* menghasilkan ZnO struktur kristal *hexagonal wurtzite*, space group hexagonal space group $P 63mc$ (No. 186), lattice parameters $a = b = 0,32488\text{nm}$ dan $c = 0,52049\text{ nm}$, $a = b = 90^\circ$ $g = 120^\circ$. Puncak difraksi menunjukkan tidak ditemukan impuriti dalam pengujian XRD, dan hasil sintesa dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Pada arus 25 Ampere menunjukkan

puncak difraksi mempunyai intensitas yang tinggi dan tajam. Hal ini menunjukkan karakteristik yang baik dari hasil produk ZnO yang telah disintesa. Ketika nanopartikel ZnO disintesa dengan metode DC thermal plasma maka terjadi proses reaksi oksidasi Zn menjadi ZnO.

Pada gambar 2.9 terlihat ada sembilan puncak pada sudut $2\theta = 31.7^\circ, 34.4^\circ, 36.2^\circ, 47.5^\circ, 56.5^\circ, 62.9^\circ, 66.3^\circ, 67.9^\circ, 68.1^\circ$ dimana sesuai dengan (100), (002), (101), (102), (110), (103), (200), (112), (201). Melihat tiap puncak yang sangat tajam menunjukkan bahwa kualitas kristal ZnO yang baik. FWHM dari hasil uji XRD sering digunakan untuk mengestimasi ukuran dari kristal dengan rumus Scherrer (Prabandono dkk,2012)

2.7 Hipotesa

Perubahan variasi laju aliran serbuk Zn yang masuk ke reaktor DC termal plasma yang semakin cepat akan memperbesar ukuran nanopartikel ZnO.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu suatu metode yang digunakan untuk menguji unjuk kerja mesin DC thermal plasma dengan variasi laju aliran bahan Zn ke dalam reaktor.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Pembuatan reaktor DC thermal plasma dan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Terapan, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember, waktu penelitian dari bulan September sampai dengan bulan Desember 2015.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk Zn produk dari MERCK buatan Jerman.

3.3.2 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi:

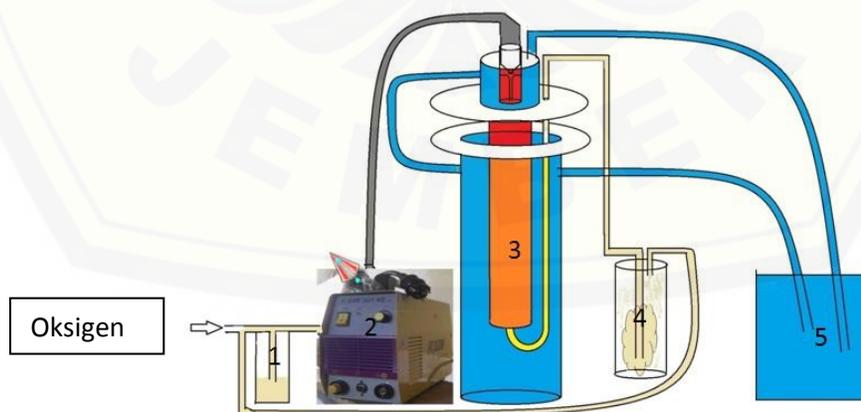
1. Mesin DC Plasma Cutting Rilon cutting 40.
2. Reaktor DC Thermal Plasma.
3. Bak penampung air pendingin.
4. Pompa air untuk digunakan resirkulasi air.
5. Tabung Filter.
6. Kain kasa sebagai filter.
7. Gas oksigen.
8. Termokopel.
9. Mikroskop optik
10. SEM.
11. XRD.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pembuatan nanopartikel ZnO

Proses pembuatan melalui beberapa tahap antara lain:

1. Memodifikasi mesin DC Plasma Cutting yang tersedia dipasaran.
2. Membuat arc chamber, sistem pendingin yang menggunakan media udara dan air, filter dan kolektor menggunakan bahan logam stainlesssteel.
3. Memodifikasi mesin blower untuk digunakan untuk resirkulasi udara.
4. Dilanjutkan proses perakitan komponen menjadi satu sistem reaktor thermal plasma portabel.
5. Kemudian bahan baku seng (Zn) dimasukkan kedalam bak penampung serbuk Zn yang terhubung dengan selang oksigen.
6. Menyalakan mesin DC Thermal plasma, bersamaan dengan itu bubuk Zn akan terdorong oleh oksigen menuju reaktor. Bubuk Zn kemudian terbakar dan pecah menjadi inti yang kecil-kecil dan beroksidasi dengan oksigen didalam reaktor menjadi ZnO.
7. Proses selanjutnya, ZnO dihisap oleh blower supaya masuk kedalam ruang filter melalui pipa yang terendam cairan pendingin bersirkulasi.
8. Untuk proses terakhir mengamati hasil nanopartikel menggunakan mikroskop dan kemudian dilanjut pengujian SEM dan XRD



Gambar 3.3 : Skema reaktor DC termal plasma.

Keterangan:

1. Bak serbuk
2. Mesin Plasma
3. Reaktor
4. Filter
5. Bak air

3.5 Penyajian Hasil Penelitian

Hasil penelitian akan disajikan pada tabel, seperti Tabel berikut. Pengamatan pada penelitian ini. Bentuk morfologi nanopartikel melalui pengujian SEM. Kemudian untuk jenis kristal yang dihasilkan melalui pengujian XRD yang nantinya diharapkan hasil dari proses ini menjadi material yang diharapkan.

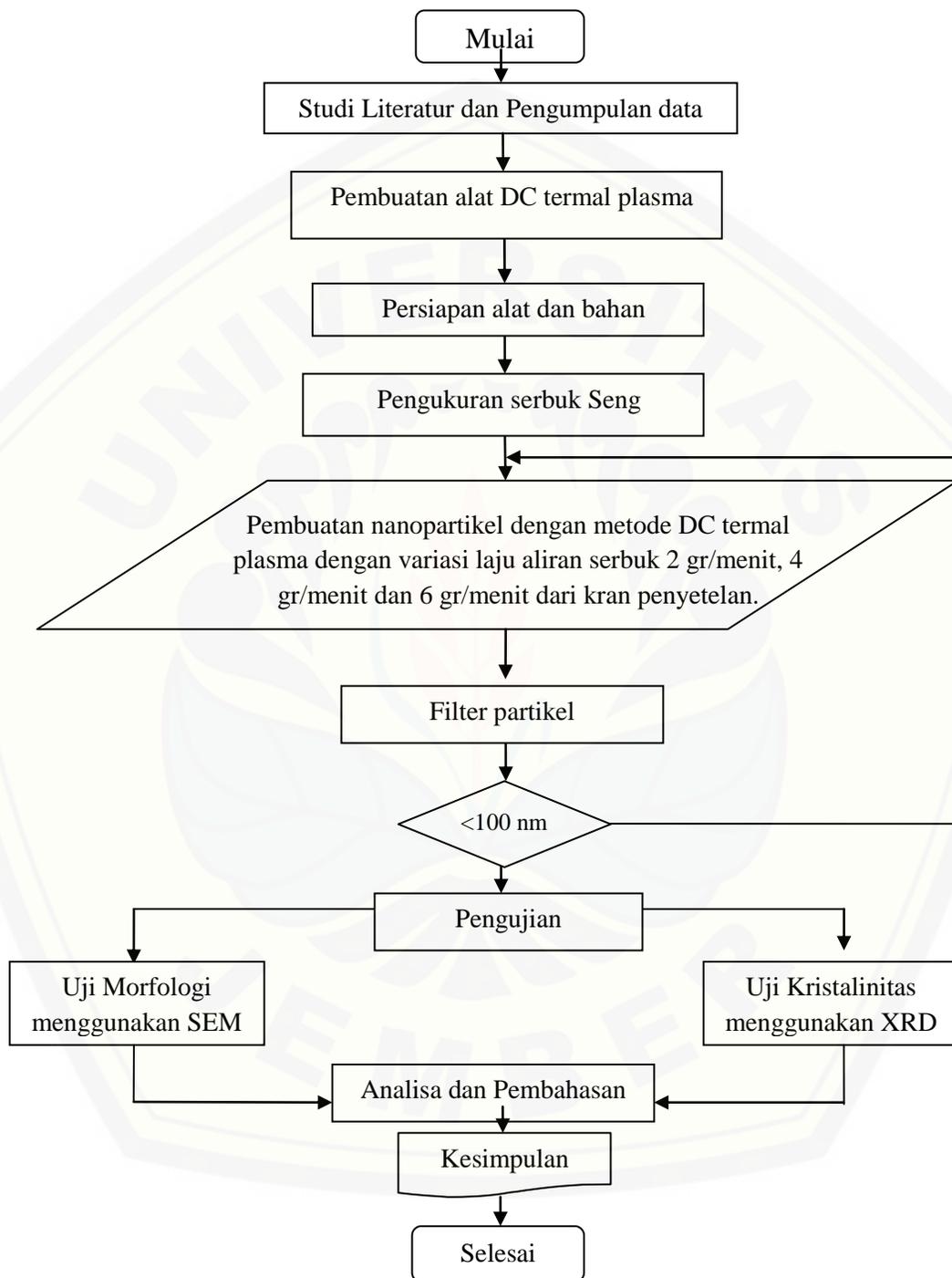
3.6 Karakterisasi nanopartikel ZnO

Setelah nanopartikel ZnO berhasil disintesis akan dilanjutkan proses karakterisasi partikel, dimana bertujuan untuk mengetahui morfologi dan kristalinitasnya melalui pengujian:

1. Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*)
2. Pengujian XRD

Semua pengujian diatas dilaksanakan di Universitas Malang.

3.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.4 : Diagram alir penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengujian mengenai Sintesis dan Karakterisasi nanopartikel ZnO dengan metode DC termal plasma dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Nanopartikel ZnO telah berhasil disintesis menggunakan metode DC termal plasma, didapat ukuran rata-rata pada setiap sampel uji $< 100\text{nm}$ yaitu *feed rate* 0,051 gr/detik sebesar 67,39 nm, *feed rate* 0,068 gr/detik sebesar 58,805 nm, dan *feed rate* 0,085 gr/detik sebesar 50,817 nm.
2. Pada pengujian SEM terlihat variasi yang terbaik pada sampel 3 dengan variasi *feed rate* sebesar 0.085 gr/detik, dimana ukuran partikel rata-rata 50,817 nm, dan dari penelitian ini didapat hasil pengujian XRD diketahui pola ZnO muncul pada 2 theta ($^{\circ}$) : 31.7; 34.4; 36.2; 47.5; 56.5; 62.9; 66.3; 67.9; 69.1. Dimana hasil ini sesuai dengan data dari data base COD rev 173445 dan 96-900-4180 dan peneliti sebelumnya.
3. Dari pengujian pada penelitian ini dapat diketahui bahwa *feed rate* berpengaruh terhadap ukuran partikel. Pembuatan nanopartikel dengan menggunakan metode DC termal plasma memiliki tingkat kualitas kristal belum baik.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian mengenai Sintesis dan karakterisasi nanopartikel ZnO dengan metode DC termal plasma, maka disarankan sebagai berikut:

1. Dalam pembuatan sampel, variasi *feedrate* lebih diperbanyak agar bisa mendapatkan parameter-parameter lain.
2. Pada prose penentuan ukuran partikel disarankan menggunakan menggunakan PSA (*Particle Size Analysis*).
3. Perlu dilakukan pengujian kemurnian

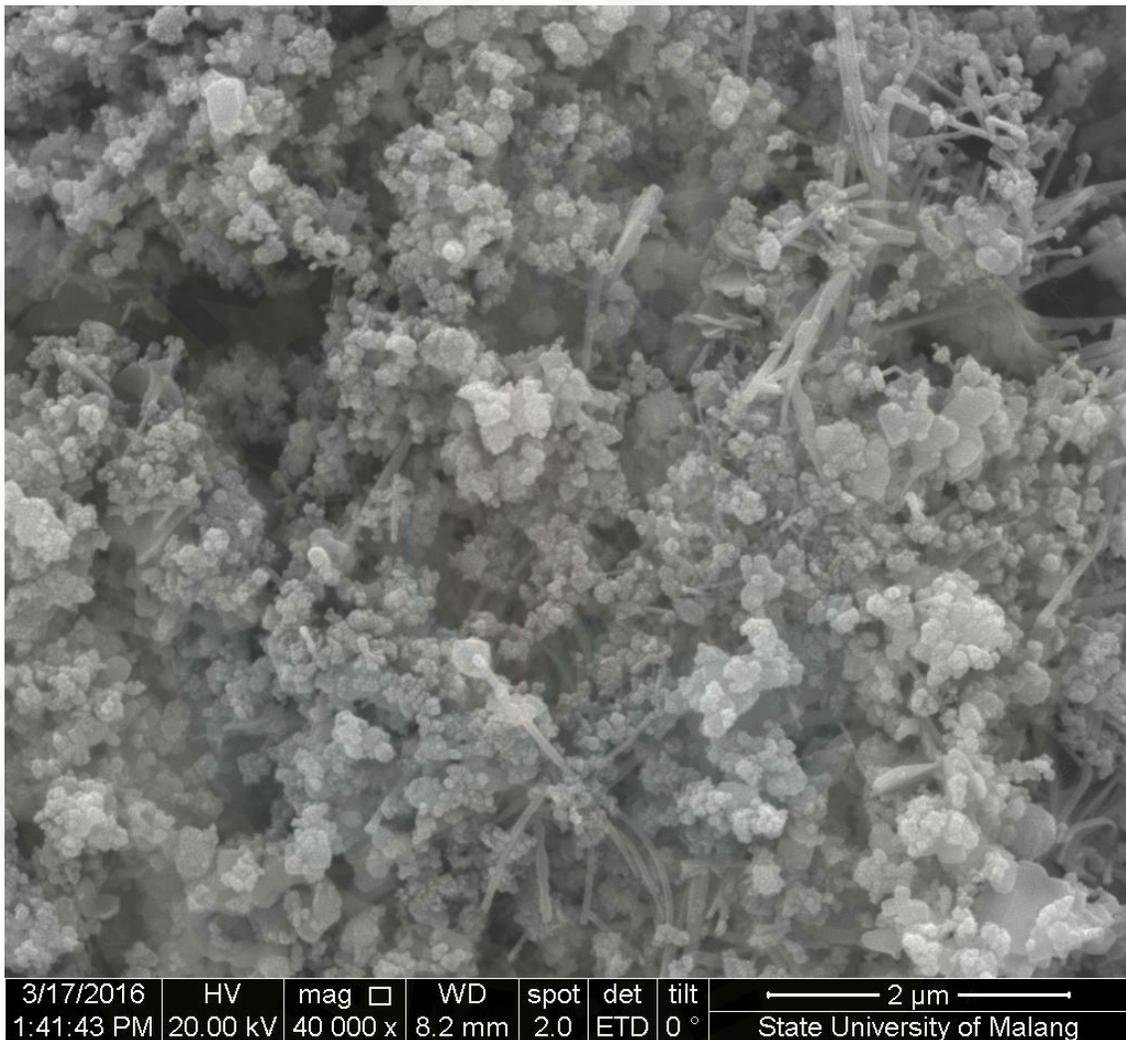
DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., Yudistira Virgus, Nirmin dan Khairurrijal. 2008. *Sintesis Nanomaterial*. Jurnal Nanosains & Nanoteknologi. 1: 33-57
- Arief, M. 2011. *Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Seng Oksida (ZnO) dengan Metoda Proses Pengendapan Kimia Basah dan Hidrotermal untuk Aplikasi Fotokatalis*. Depok: Universitas Indonesia.
- Haryono, A., Rochman, N, T., Syuhri, A, F., Purwanto, S., Herman, A,S. 2008. Kondisi Terkini Penerapan Nanoteknologi Pada Industri di Indonesia. Proseding Pertemuan Ilmiah Pengetahuan dan Teknologi Bahan. Serpong. ISSN 1411-2213.
- Jiang-hong., You-yi, S., Jiang-feng, G., Chun-yan,xu,. 2009. Synthesis of crystalline Al₂O₃ with high purity. North University of China. Taiyuan. China.
- Kulkarni, N, V., Karmakar, S., Banerjee, I., Pasricha, R., Sahasrabudhe, S, N., Das, A, K.,Bhoraskar,S, V., *DC transferred arc thermal plasma assisted growth of nanoparticles with different crystalline phases*. Department of Physics, University of Pune. India.
- Laha, T., Balani, K., Agarwal, A., Patil, S., Seal, S., 2005. *Synthesis of Nanostructured Spherical Aluminum Oxide Powders by Plasma Engineering* Metallurgical and material transaction. Vol 36A, 304.
- Mikrajuddin, Abdullah. (2007), *Topik Khusus Fisika Material Elektronik Material Nanostruktur*. ITB, Jurusan Fisika, Bandung
- Moezzi, A., Andrew., M. Mcdonagh., Michael., B.Cortie. 2007. *Zinc oxide particles: Syntesis, Properties and applications*, Chemical Engineering Journal. University of Technology. Sydney. Australia.
- Nirmala, M., Nair, M, G., Rekha, K., Anukaliani, A., Samdarshi,S,K., Nair, G, R. 2010. *Photocatalytic Activity of ZnO Nanopowder Synthesized by DC Thermal Plasma*. African Journal of Basic and Applied Sciences 2 (5-6): 161-166, 2010 ISSN 2079-2034.
- Ozgur U. Avrutin V, Morkoc H, 2013. *Zinc Oxide Material And Divice grown by, Department of Electrical and Computer Engineering, Virginia Commonwealth University, Richmond, VA, USA*
- Pitkethly, Michael., 2004. *Nanomaterials:The Driving Force*, Nanotoday, ISSN 13697021, 20-29

- Prabandono, B., Kurniawan, A., Suyitno., Ubaidillah. 2012. *Mesin DC Thermal Plasma Sederhana Menghasilkan Material ZnO dengan Kemurnian yang Tinggi*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Rahman, A. 2011. *Fabrikasi dan Karakterisasi Nanopartikel ZnO untuk aplikasi Dye Sensitized-Solar Cell*. Depok: Universitas Indonesia.
- Ramahdita, G. 2011. *Karakterisasi NanoPartikel ZnO Hasil Sintesis Dengan Metode Presipitasi dan Perlakuan Hidrotermal*. Depok: Universitas Indonesia.
- Vollat, Dieter., 2008. *Nanomaterials: An Introduction to Synthesis, Properties, and Application*, Environmental Engineering and Management Journal, vol.7, No.6, 865-870
- Watanabe, T., Tanaka, M., 2009. *Thermal Plasma Processing for functional Nanoparticle Synthesis*.Tokyo Institute of Technology. Yokohama, Japan.

LAMPIRAN

1. Hasil foto SEM sampel 1

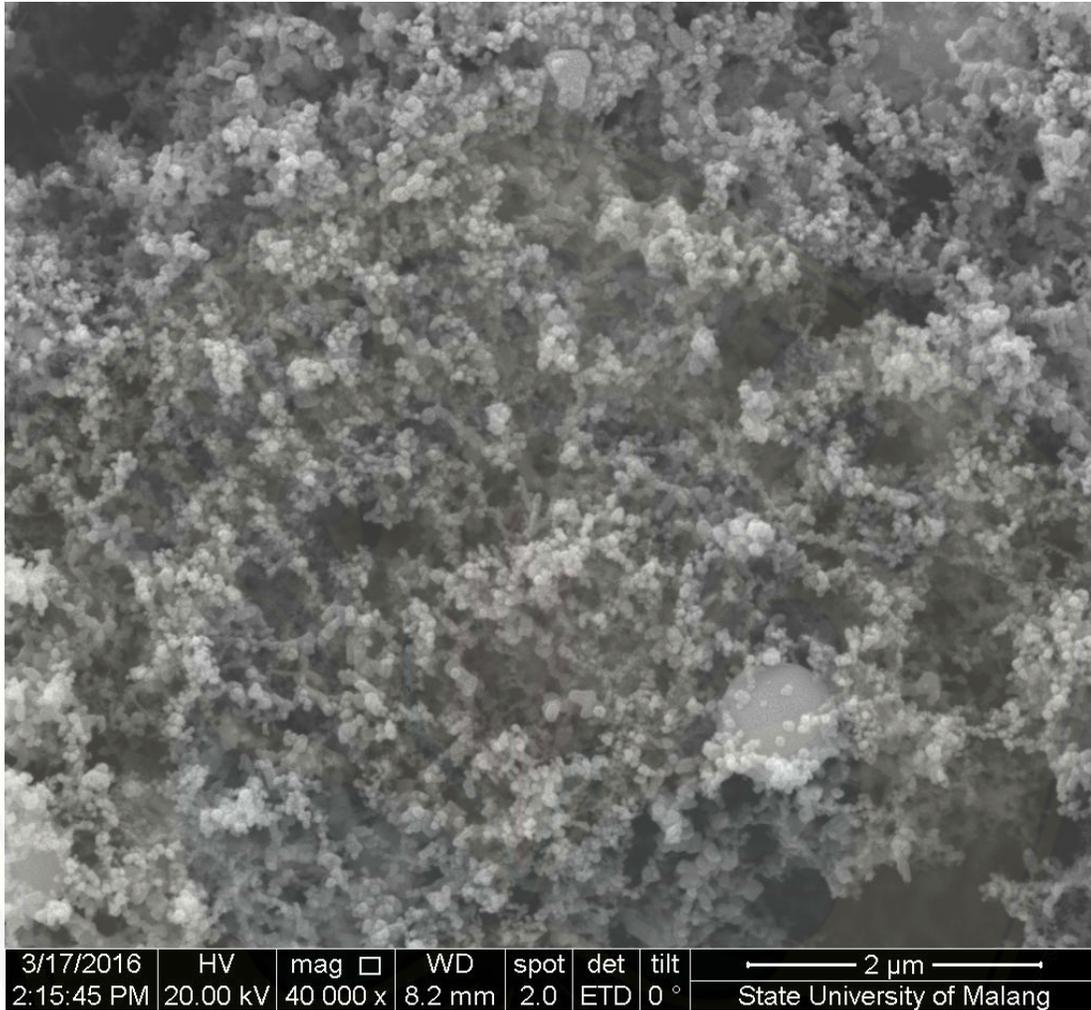


2. Hasil foto SEM sampel 2



\

3. Hasil foto SEM sampel 3



4. Spesifikasi Serbuk Zn

Specifications	
Specifications	
Assay (complexometric)	≥ 95 %
Identity	passes test
As (Arsenic)	≤ 0.0001 %
Substances insoluble in hydrochloric acid	≤ 0.1 %
Cd (Cadmium)	≤ 0.05 %
Cu (Copper)	≤ 0.005 %
Fe (Iron)	≤ 0.005 %
Pb (Lead)	≤ 0.005 %
Sn (Tin)	≤ 0.001 %

5. Crystallography Open Database

Entry # 96-900-4180

Phase classification

Name
Mineral Name Zincite
Formula OZn
I/Ic 6.840000
Sample Name 9004179
Quality C (calculated)

Publication

Bibliography Kihara K., Donnay G., "Anharmonic thermal vibrations in ZnO", *Acta Cryst.* B11:647-654 (1985)
Origin of data
Source of entry COD (Crystallography Open Database)
Link to orig. entry 9004179

Crystallographic data

Space group P 63 m c (186)
Crystal system hexagonal
Cell parameters a = 3.2533 Å c = 5.2073 Å
Cell meas. conditions T = 473.0 K

Atom	Oxid.	x	y	z	Bi	Foc
Zn		0.333	0.667	0.000	1.000000	1.000000
O		0.333	0.667	0.382	1.000000	1.000000

Diffraction lines

d [Å]	Int.	h	k	l	Mult.
2.8174	524.5	1	0	0	6
2.6037	396.6	0	0	2	2
2.4780	1000.0	1	0	1	12

6. Foto Makro serbuk sebelum dan sesudah proses sintesis

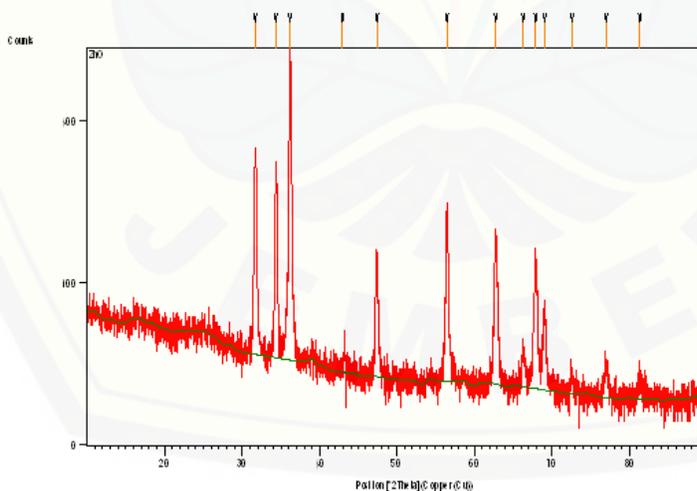


Date: 3/21/2016 Time: 8:18:41 AM File: ZnO User: State Univ of Malang

Anchor Scan Parameters

Dataset Name: ZnO
 File name: E:\Xpert Data\2016\NON UM\Arief - Jember\ZnO.xrdml
 Sample Identification: ZnO
 Comment: ZnO
 Configuration=Stage Flat Samples, Owner=User-1, Creation date=9/15/2009 2:20:30 PM
 Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size 2Theta 0.001; Minimum step size Omega 0.001
 Sample stage=PW3071/xx Bracket
 Diffractometer system=XPERT-PRO
 Measurement program=10 - 90 deg 0.02 step 33 min, Owner=User-1, Creation date=5/12/2010 10:51:57 AM
 Measurement Date / Time: 3/18/2016 10:28:44 AM
 Operator: State Univ of Malang
 Raw Data Origin: XRD measurement (*.XRDML)
 Scan Axis: Goni
 Start Position [°2Th.]: 10.0100
 End Position [°2Th.]: 89.9900
 Step Size [°2Th.]: 0.0200
 Scan Step Time [s]: 0.7000
 Scan Type: Continuous
 Offset [°2Th.]: 0.0000
 Divergence Slit Type: Fixed
 Divergence Slit Size [°]: 0.9570
 Specimen Length [mm]: 10.00
 Receiving Slit Size [mm]: 0.1000
 Measurement Temperature [°C]: 25.00
 Anode Material: Cu
 K-Alpha1 [Å]: 1.54060
 K-Alpha2 [Å]: 1.54443
 K-Beta [Å]: 1.39225
 K-A2 / K-A1 Ratio: 0.50000
 Generator Settings: 35 mA, 40 kV
 Diffractometer Type: 0000000011063758
 Diffractometer Number: 0
 Goniometer Radius [mm]: 240.00
 Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]: 91.00
 Incident Beam Monochromator: No
 Spinning: No

Graphics



Peak List

Date: 3/21/2016 Time: 8:18:41 AM

File: ZnO

User: State Univ of Malang

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
31.6813	287.99	0.2755	2.82433	50.42
34.3309	265.68	0.3149	2.61218	46.51
36.1548	571.22	0.2362	2.48447	100.00
42.8853	8.33	0.9446	2.10886	1.46
47.4629	125.93	0.3149	1.91561	22.05
56.5084	188.05	0.2362	1.62856	32.92
62.7862	159.00	0.2755	1.47999	27.84
66.3308	23.88	0.3149	1.40924	4.18
67.8923	114.83	0.2755	1.38058	20.10
69.0647	60.81	0.2362	1.35999	10.65
72.6143	6.48	0.9446	1.30201	1.13
76.9521	16.06	0.4723	1.23908	2.81
81.3259	8.79	0.5760	1.18215	1.54

Document History

Insert Measurement:

- File name = "ZnO.xrdm"
- Modification time = "3/21/2016 8:18:18 AM"
- Modification editor = "State Univ of Malang"

Default properties:

- Measurement step axis = "None"
- Internal wavelengths used from anode material: Copper (Cu)
- Original K-Alpha1 wavelength = "1.54060"
- Used K-Alpha1 wavelength = "1.54060"
- Original K-Alpha2 wavelength = "1.54443"
- Used K-Alpha2 wavelength = "1.54443"
- Original K-Beta wavelength = "1.39225"
- Used K-Beta wavelength = "1.39225"
- Dist. focus to div. slit = "91.00000"
- Irradiated length = "10.00000"
- Spinner used = "No"
- Linear detector mode = "None"
- Length linear detector = "2"
- Step axis value = "0.00000"
- Offset = "0.00000"
- Sample length = "10.00000"
- Modification time = "3/21/2016 8:18:18 AM"
- Modification editor = "State Univ of Malang"

Search Peaks:

- Minimum significance = "2.00"
- Minimum tip width = "0.01"
- Maximum tip width = "1.00"
- Peak base width = "2.00"
- Method = "Top of smoothed peak"
- Modification time = "2/18/2016 11:13:43 AM"
- Modification editor = "State Univ of Malang"