

**PENGARUH SUHU DAN WAKTU *FEEDING* DALAM SINTESIS  
BESI BERVALENSI NOL (ZVI) DARI FeSO<sub>4</sub> DENGAN EKSTRAK  
POLIFENOL KULIT PISANG KEPOK**

**SKRIPSI**

**Disusun untuk melengkapi syarat – syarat  
guna memperoleh gelar Sarjana Sains**



**Affif Aminullah Afiansyah**

**3325110142**

**PROGRAM STUDI KIMIA**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**








**UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

**2015**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**PENGARUH SUHU DAN WAKTU *FEEDING* DALAM SINTESIS BESI BERVALENSI  
NOL (ZVI) DARI FeSO<sub>4</sub> DENGAN EKSTRAK POLIFENOL KULIT PISANG KEPOK**

**Nama : Affif Aminullah Afiansyah**  
**No. Reg : 3325110142**

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab Dekan	: <u>Prof. Dr. Suyono, M.Si.</u> NIP. 19671218 199303 1 005		07/08/2015
Wakil Penanggung Jawab Pembantu Dekan I	: <u>Dr. Muktiningsih, M.Si.</u> NIP. 19640511 198903 2 001		06/08/2015
Ketua	: <u>Dra. Tritiyatma H., M.Si.</u> NIP. 19611225 198701 2 001		05/08/2015
Sekretaris	: <u>Dr. Afrizal, M.Si.</u> NIP. 19730416 199903 1 002		03/08/2015
Anggota Penguji	: <u>Dr. Agung Purwanto, M.Si.</u> NIP. 19640202 199102 1 001		02/08/2015
Pembimbing I	: <u>Setia Budi, M.Sc</u> NIP. 19790621 200501 1 001		05/08/2015
Pembimbing II	: <u>Dr. Yusmaniar, M.Si.</u> NIP. 19620626 199602 2 001		05/08/2015

Dinyatakan lulus ujian skripsi pada tanggal 29 Juli 2015

# **Acknowledgement**

Penelitian ini didanai oleh hibah penelitian

Nomor:30/SP2H/Dit.Litabmas/LP-UNJ/IV/2015

# LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

*"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan"*

*"Hidup adalah perjuangan, jalan yang kita pilih menentukan arah perjuangan kita, tidak ada yang tidak mungkin untuk kita capai dengan usaha keras, berdoa dan yakin bahwa Allah SWT bersama kita "sesudah kesulitan ada kemudahan"  
-Affif Aminullah Afiansyah-*

## Ayahanda Ajis Sofwan dan Ibunda Titin Tercinta

Begitu banyak pengorbanan baik moril maupun materil, perjuangan, doa serta restu yang telah diberikan kedua orang tua saya kepada saya, sampai pada akhirnya saya mampu untuk menyelesaikan masa studi selama 4 tahun di Universitas Negeri Jakarta. Teringat jelas difikiran saya, betapa sulitnya keadaan kedua orang tua untuk memberikan pendidikan yang layak dari jenjang SD hingga Kuliah dengan harapan menjadikan saya anak yang akan mengangkat derajat mereka serta membanggakan mereka. Kinilah saatnya untuk saya memenuhi semua harapan mereka. Tidak ada kata yang pantas terucap selain doa dan ucapan terimakasih setinggi-tingginya untuk kedua orang tua saya.

*"Ya Allah berikanlah kesehatan selalu untuk kedua orang tuaku, lindungilah mereka dari semua bahaya didunia ini, ampunilah dosa-dosa mereka dan berikanlah balasan pahala yang berlipat ganda untuk mereka, atas apa yg telah mereka lakukan untukku, masukanlah mereka kedalam syurgamu kelak ya Allah, jadikanlah hamba anak yang selalu berbakti untuk mereka, Amin Ya Allah Ya Rabbal Alamiin" -Anakmu yang begitu banyak salah kepadamu-*

Gelar sarjana yang kini tersemat, tidak bernilai apa-apa dihadapan mereka, karena sesungguhnya merekalah guru kehidupan dengan gelar yang tak ternilai. Terimakasih untuk kasih sayang yang telah engkau berikan dalam tiap hari-hariku, Terimakasih untuk setiap tetesan air mata yang keluar dalam setiap doamu dan Terimakasih untuk setiap cucuran keringat yang keluar dalam setiap pengorbananmu. -Anakmu Affif Aminullah Afiansyah, S.Si-

## Bapak Setia Budi, M.Sc dan Ibu Dr.Yusmaniar, M.Si

Beliau merupakan orang tua kedua saya di kampus yang selalu membimbing, memberikan ilmu, motivasi, semangat dan membuka wawasan saya. Terutama Bapak Setia Budi, sosok yang selalu saya hormati, kagumi dan baik dalam segala hal, Terimakasih setinggi-tingginya untuk beliau atas bimbingannya selama saya berkuliah di UNJ mulai dari Seminar Kimia, Seminar Pra Skripsi dan Sidang Skripsi. Tak lupa pula terimakasih setinggi - tingginya pula untuk Ibu Yusmaniar atas begitu banyak kemudahan yang diberikan kepada saya selaku Ketua prodi Kimia dan bimbingannya dalam penulisan Skripsi saya sebagai Pembimbing saya. Hanya Allah SWT yang bisa membalas semua amal baik bapak dan ibu. Maafkan saya apabila selama saya jadi anak bimbingan dan mahasiswa bapak dan ibu, begitu banyak kekurangan dan kesalahan. -Anakmu Affif Aminullah Afiansyah-

## Teman-teman Terdekat di Grup EFuN dan Teman-teman Kimia 2011

Terimakasih untuk kebersamaan, kekompakkan dan dukungannya selama 4 tahun ini, terutama untuk teman-teman grup penelitian yaitu Annisa Suci Putri, Citra Pratiwi, Nailah Fauziyyah dan Gilang Arif pribadi, tanpa kalian penelitian ini terasa membosankan. Sudah hampir 1 tahun kita melalui hari-hari penelitian bersama, susah dan senang telah kita lalui. Semoga semua momen itu dapat terkenag selamanya dan Semoga Allah SWT memberikan kesuksesan untuk kita semua, Amiiin Ya Rabbal Alamiin.

## Calon Ma'mumku "Zaujaty Gina Riesky Wulandari"

Terimakasih selama kurang lebih 4 tahun ini telah menjadi orang paling dekat dalam hidupku, mendukung setiap apa yang aku lakukan, mendengarkan setiap curahan hatiku dan menjadi penyemangat disaat aku sedang down. Namun yang terpenting adalah terimakasih sudah mau menemani diriku yang begitu banyak kekurangan dan kesalahan yang aku lakukan serta mampu merubahku menjadi pribadi yang lebih baik. Aku selalu berdoa, semoga Allah SWT mempertemukan kita dalam ikatan yang suci. Amiiin Ya Rabbal Alamiin.

*"Semoga Allah memberikan kemudahan atas segala urusanmu"*



## ABSTRAK

**AFFIF AMINULLAH AFIANSYAH.** Pengaruh Suhu dan Waktu *Feeding* dalam Sintesis Besi Bervalensi Nol (ZVI) dari FeSO<sub>4</sub> dengan Ekstrak Polifenol Kulit Pisang Kepok. Jakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Jakarta. 2015.

Metode sintesis *bottom-up* yang digunakan pada penelitian ini adalah metode reduksi garam logam. ZVI disintesis dengan mereaksikan FeSO<sub>4</sub> 0,5 M dan polifenol dalam perbandingan komposisi 4 : 1 serta waktu reaksi selama 1 jam dalam kondisi pengadukan yang tetap 250 rpm serta adanya pengaruh dari suhu reaksi dan waktu *feeding*. Polifenol yang digunakan merupakan hasil ekstraksi dari kulit pisang kepok dengan pelarut organik yaitu air, kloroform dan etil asetat. Hasil analisis FTIR terhadap ZVI hasil reaksi reduksi dari polifenol menunjukkan bahwa pada bilangan gelombang 600 cm<sup>-1</sup> terdapat ikatan Fe-O yang menunjukkan terbentuknya Fe hasil sintesis. Hasil analisis distribusi ukuran partikel PSA menunjukkan bahwa suhu dan waktu *feeding* optimum pada sintesis ZVI berada pada suhu ruang 25°C dan waktu *feeding* 30 menit. Analisis morfologi SEM dan EDX menunjukkan bahwa ZVI yang dihasilkan seperti butiran-butiran kecil berbentuk bola dengan ukuran yang masih sangat heterogen dan saling menempel atau teraglomerasi dan dikonfirmasi adanya atom Fe, O, S dan C sebagai penyusunnya. Analisis XRD menunjukkan bahwa pada ZVI hasil sintesis terdapat persentase besi 3,7 %.

Kata kunci: *bottom up*, reduksi garam logam, FeSO<sub>4</sub>, polifenol, kulit pisang kepok, suhu reaksi, waktu *feeding*, aglomerasi, besi, heterogen.

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim, puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT, karena hanya dengan ridho, rahmat, hidayah dan kemudahan-Nya penulisan makalah skripsi yang berjudul **“Pengaruh Suhu Reaksi dan Waktu *Feeding* dalam Sintesis Besi Bervalensi Nol (ZVI) dari FeSO<sub>4</sub> dengan Ekstrak Polifenol Kulit Pisang Kepok”** dapat saya selesaikan meskipun jauh dari sempurna.

Selain itu penulis ingin menyampaikan banyak terimakasih kepada:

1. Bapak Setia Budi, M.Sc dan Ibu Dr. Yusmaniar, M.Si selaku dosen pembimbing I dan II, yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, baik dengan ilmunya maupun sarannya, memotivasi dan menginspirasi saya sehingga saya dapat menyelesaikan makalah ini.
2. Bapak Drs. Sukro Muhab, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia, Ibu Dr. Yusmaniar, M.Si selaku Ketua Program Studi Kimia dan Dosen pengampu Mata Kuliah Skripsi yang telah memberikan motivasi dan bimbingan akademik dalam penyelesaian makalah skripsi.
3. Dosen-Dosen Jurusan Kimia yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama masa studi di Universitas Negeri Jakarta.
4. Bapak Erizal selaku kepala Lab Instrumen BATAN, bapak Bambang dan bapak Wawan selaku operator instrument di Institut Pertanian Bogor serta bapak Rossy selaku operator instrument XRD yang telah membantu saya selama proses pengambilan data hasil karakterisasi.

Pada makalah ini penulis mencoba memberikan gambaran bagaimana cara mensintesis suatu partikel dalam hal ini ZVI dengan bantuan reduktor alam polifenol yang lebih ramah lingkungan dan bagaimana pengaruh suhu serta waktu *feeding* dalam sintesis tersebut sehingga didapatkan kondisi optimum dari proses sintesis tersebut. Semoga makalah ilmiah ini dapat bermanfaat untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan masyarakat pada umumnya juga bagi saya sebagai penulis pada khususnya.

Jakarta, Juli 2015

Affif Aminullah Afiansyah

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Pembatasan Masalah.....	4
D. Perumusan Masalah .....	5
E. Tujuan Penelitian .....	5
F. Manfaat Penelitian.....	6
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	7
A. Besi Bervalensi Nol (ZVI) .....	7
B. Aplikasi ZVI .....	8
C. Metode Sintesis ZVI .....	10
D. Pisang Kepok .....	12
E. Polifenol .....	15
F. Karakterisasi ZVI .....	18
1. PSA ( <i>Particle Size Analyzer</i> ).....	19
2. SEM ( <i>Scanning Electron Microscopy</i> ) .....	21
3. XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ) .....	22
4. FTIR ( <i>Fourier Transform Infrared</i> ).....	25
5. Penelitian Sebelumnya .....	27
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	29
A. Tujuan Operasional Penelitian .....	29
B. Waktu dan Tempat.....	29
C. Metode Penelitian .....	29
D. Variabel .....	30
F. Prosedur Penelitian.....	31
1. Ekstraksi Polifenol dari Kulit Pisang Kepok.....	31
2. Sintesis ZVI .....	32

3.	Pengaruh Suhu dan Waktu <i>Feeding</i> Terhadap Sintesis ZVI	33
4.	Karakterisasi ZVI .....	34
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>35</b>
A.	Ekstraksi Polifenol dari Kulit Pisang Kepok .....	35
B.	Sintesis ZVI dari Garam FeSO <sub>4</sub> dengan Polifenol .....	39
C.	Karakterisasi ZVI .....	46
D.	Analisis Gugus Fungsi ZVI dengan FTIR .....	46
E.	Analisis Distribusi Ukuran Partikel ZVI .....	50
F.	Analisis Morfologi Permukaan dan Berat Relatif Unsur-unsur dalam ZVI.....	59
G.	Analisis Kristalografi ZVI .....	62
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>64</b>
A.	Kesimpulan .....	64
B.	Saran.....	65
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>66</b>
	<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>69</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Struktur inti-kulit untuk partikel besi bervalensi nol dalam larutan berair (Yuan et al., 2006) .....	7
Gambar 2.	Skema proses pembentukan nanomaterial secara bottom up.....	11
Gambar 3.	Pisang Kepok.....	13
Gambar 4.	Struktur Umum Polifenol (Marc-Andre, 2012) .....	18
Gambar 5.	Skema kerja alat PSA (Corduan-tech, 2013) .....	20
Gambar 6.	Ukuran partikel dari nZVI (Yuvakkumar et al., 2011).....	20
Gambar 7.	Skema kerja alat SEM (Hafner, 2007).....	21
Gambar 8.	Karakterisasi SEM dari sintesis nZVI: S1-EDTA-nZVI, S2-DTPA-nZVI (Allabakhs et al., 2010).....	22
Gambar 9.	Skema kerja alat XRD.....	24
Gambar 10.	Spektra XRD dari ZVI (Sun et al., 2006) .....	25
Gambar 11.	Skema kerja FT-IR.....	26
Gambar 12.	Spektrum FTIR dari sintesis nZVI: S1-EDTA-nZVI, S2-D nZVI, S3-NTAnZVI (Allabakhs et al., 2010) .....	27
Gambar 13.	Spektra hasil analisis FTIR pada polifenol .....	37
Gambar 14.	Reaksi pembentukan kompleks Fe[Ortofenantrolin] <sup>2+</sup> .....	40
Gambar 15.	Kurva hubungan rasio Fe <sup>2+</sup> yang bereaksi terhadap perbandingan ion Fe <sup>2+</sup> dan polifenol .....	41
Gambar 16.	Grafik pengaruh waktu reaksi terhadap distribusi ukuran partikel ZVI.....	43
Gambar 17.	Polifenol dan FeSO <sub>4</sub> sebelum reaksi dan ZVI yang dihasilkan.....	45
Gambar 18.	Hasil analisis FTIR nZVI pada perbandingan komposisi..	47
Gambar 21.	Grafik distribusi ukuran partikel PSA berdasarkan intensitas.....	51
Gambar 22.	Grafik distribusi ukuran partikel PSA berdasarkan intensitas terhadap pengaruh waktu feeding .....	54
Gambar 23.	Design alat pada proses kontrol suhu reaksi .....	57

Gambar 24. Grafik distribusi ukuran partikel PSA berdasarkan intensitas terhadap pengaruh suhu reaksi .....	58
Gambar 25. Hasil karakterisasi SEM ZVI pada perbesaran 20000x ....	59
Gambar 26. Grafik dan tabel EDX ZVI.....	61
Gambar 27. Difraktogram XRD dari sampel ZVI.....	62

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Kontaminan yang dapat diremidiasi ZVI (Li et al., 2006).....	9
Tabel 2.	Klasifikasi pisang kepok.....	13
Tabel 3.	Total Polifenol sampel kulit pisang dalam 3 genom berbeda	14
Tabel 4.	Kandungan polifenol dari berbagai sumber tanaman.....	16
Tabel 5.	Nilai rasio Fe/Fe <sup>2+</sup> pada masing-masing perbandingan komposisi FeSO <sub>4</sub> dan polifenol .....	41
Tabel 6.	Nilai distribusi ukuran partikel PSA .....	51
Tabel 7.	Nilai Distribusi Ukuran Partikel PSA.....	54
Tabel 8.	Nilai Distribusi Ukuran Partikel PSA.....	57

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Bagan Prosedur Penelitian .....	69
Lampiran 2. Data-data Analisis UV-Vis.....	72
Lampiran 3. Data-data Analisis PSA.....	73
Lampiran 4. Hasil Analisis SEM – EDX.....	83



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Perkembangan berbagai metode sintesis dan senyawa yang berhasil disintesis dalam beberapa dekade terakhir terjadi sangat pesat. Hal tersebut menunjukkan tingginya kemajuan Ilmu pengetahuan dan teknologi terutama dalam bidang sintesis partikel. Salah satu partikel yang kini banyak disintesis dan dikembangkan aplikasinya adalah besi bervalensi nol ( $Fe^0$ ) atau biasa disebut *zero valent iron* (ZVI) (Yuvakkumar *et al.*, 2011). ZVI telah menarik banyak perhatian untuk berbagai aplikasi yang potensial, antara lain sebagai agen penghalang berpori yang reaktif dan efektif (PBR) untuk remediasi air dari kontaminan limbah (Cook, 2009), mampu untuk mendegradasi kontaminan organik terhalogenasi seperti hidrokarbon diklorinasi, pestisida, nitrat dll serta kontaminan anorganik seperti logam berat (Ponder *et al.*, 2000) dan sebagai adsorben logam-logam berat yang umumnya terdapat baik dalam air tanah dan air minum seperti Cr (IV) (Yaacob *et al.*, 2012) maupun polutan logam berat seperti  $Ni^{2+}$  dan  $Co^{2+}$  (Hooshyar *et al.*, 2013). Potensi – potensi tersebut didapatkan karena

ZVI merupakan donor elektron yang sangat baik dan memiliki kapasitas yang besar untuk mengadsorpsi berbagai kontaminan dari suatu lingkungan tertentu.

Berbagai potensi yang besar inilah, menjadikan ZVI kini disintesis dalam berbagai metode sintesis. Salah satunya, ZVI disintesis menggunakan reduktor  $\text{NaBH}_4$  (Sun *et al.*, 2006). Namun, sintesis tersebut berbahaya dan merusak lingkungan karena adanya penggunaan sejumlah besar reduktor  $\text{NaBH}_4$  yang membentuk produk samping berupa asam borat yang beracun dan gas  $\text{H}_2$  yang bersifat eksplosif (Cook, 2009). Oleh karena itu, penggunaan dan pengembangan metode sintesis berbahan dasar alami dianggap mampu dijadikan solusi untuk mengurangi dampak kerusakan lingkungan yang dialami, salah satu metode yang dapat digunakan yaitu metode reaksi reduksi dengan menggunakan pereduksi alami. Reduktor ini dapat dihasilkan dari ekstraksi berbagai bagian dari jenis-jenis tumbuhan dan buah maupun limbah dari tumbuhan dan buah tersebut. Seperti halnya polifenol (Pattanayak *et al.*, 2013).

Salah satu sumber tumbuhan yang mengandung polifenol adalah kulit pisang yang merupakan limbah dari buah pisang. Menurut hasil uji fitokimia yang pernah dilakukan Someya *et al.*, (2002), menunjukkan hasil bahwa kulit pisang mengandung polifenol sekitar 907 mg/100 g. Dari hasil tersebut diperkirakan bahwa ekstrak kulit pisang dapat

dimanfaatkan sebagai pereduksi dari sintesis ZVI. Dimana, kemampuan reduksi yang dimilikinya mampu untuk mengontrol pertumbuhan ukuran partikel besi yang dihasilkan yaitu ukuran partikel akan berkurang sebanding dengan kuatnya kemampuan reduksi polifenol tersebut (Cao, 2004).

Selain memperhatikan sifat ramah lingkungan dalam proses sintesis ZVI dengan penggunaan reduktor polifenol. Untuk mendapatkan ZVI yang maksimal dari hasil sintesis dengan struktur morfologi permukaan dan kristal yang jelas, proses sintesis juga dipengaruhi oleh berbagai faktor lain, seperti suhu, dan waktu *feeding* (Jamei *et al.*, 2013). Oleh karena itu, dalam sintesis ZVI ini perlu untuk mengetahui pengaruh suhu dan waktu *feeding* yang diperlukan agar kestabilan dispersi dari ZVI yang disintesis dapat tercapai dan tetap terjaga dalam hal ini tidak mudah teraglomerasi (Sun *et al.*, 2007).

Berbagai faktor yang mempengaruhi sintesis ZVI tersebut, diharapkan hasil sintesis berupa ZVI pada kondisi optimum inilah yang selanjutnya akan dapat diaplikasikan salah satunya sebagai adsorben logam-logam berat yang umumnya terdapat baik dalam air tanah maupun air minum seperti Cr (IV) (Yaacob *et al.*, 2012) maupun polutan logam berat seperti  $Ni^{2+}$  dan  $Co^{2+}$  (Hooshyar *et al.*, 2013).

## **B. Identifikasi Masalah**

1. Apakah polifenol yang dihasilkan dari proses ekstraksi kulit pisang kepok mampu mereduksi ion  $\text{Fe}^{2+}$  dari garam  $\text{FeSO}_4$  yang digunakan?
2. Berapa suhu yang optimum untuk melakukan sintesis ZVI?
3. Berapa waktu *feeding* yang optimum untuk sintesis ZVI?
4. Bagaimana distribusi ukuran partikel ZVI pada proses penentuan suhu dan waktu *feeding* optimumnya?
5. Bagaimana bentuk morfologi permukaan ZVI yang dihasilkan?
6. Bagaimana struktur kristal ZVI yang dihasilkan?

## **C. Pembatasan Masalah**

Pada penelitian ini, masalah dibatasi hanya untuk mengetahui pengaruh suhu dan waktu *feeding* terhadap distribusi ukuran partikel, struktur morfologi permukaan dan struktur kristal dari partikel ZVI yang dihasilkan.

#### **D. Perumusan Masalah**

Berdasarkan pembatasan masalah di atas, maka perumusan masalah dari data di atas adalah :

1. Bagaimana pengaruh suhu dan waktu *feeding* terhadap distribusi ukuran partikel ZVI yang dihasilkan?
2. Berapa suhu optimum yang digunakan untuk sintesis ZVI sehingga dihasilkan ZVI dengan morfologi permukaan dan struktur kristal yang jelas?
3. Berapa waktu *feeding* optimum yang digunakan untuk sintesis ZVI sehingga dihasilkan ZVI dengan morfologi permukaan dan struktur kristal yang jelas?

#### **E. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan ZVI dari garam  $\text{FeSO}_4$  dengan morfologi permukaan dan struktur kristal yang jelas menggunakan reduktor polifenol yang berasal dari ekstrak kulit pisang kepok.

## **F. Manfaat Penelitian**

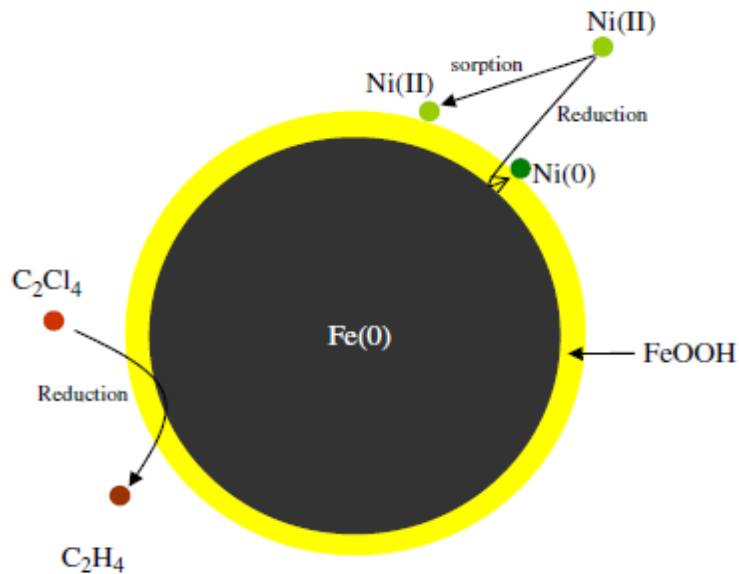
Penelitian ini diharapkan mampu memanfaatkan potensi ekstrak limbah kulit pisang untuk menghasilkan polifenol dan dapat digunakan sebagai agen pereduksi alami dari ZVI pada khususnya dan senyawa lain pada umumnya, sehingga penggunaan reagen yang berbahaya dan merusak lingkungan dapat dikurangi sebagai upaya pelestarian lingkungan.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### A. Besi Bervalensi Nol (ZVI)

*Zero Valent Iron (ZVI)* atau besi bervalensi nol adalah partikel berwarna hitam yang terdiri atas pusat Fe(0) dan pada bagian luarnya terbentuk sedikit lapisan Fe(II) atau Fe(III) tergantung senyawa yang digunakan akibat oksidasi Fe(0) oleh udara (Yuan *et al.*, 2006). Ukuran partikel ZVI berkisar antara 15 nm sampai 800 nm (Sun *et al.*, 2007).



**Gambar 1.** Struktur inti-kulit untuk partikel besi bervalensi nol dalam larutan berair (Yuan *et al.*, 2006)

Partikel ZVI yang memiliki ukuran antara 5–40 nm, baik sebagai partikel Fe(0) ataupun Fe-oksida merupakan agen remediasi in situ yang efektif untuk mentransformasi berbagai kontaminan lingkungan menjadi produk yang ramah lingkungan (Cook, 2009). Semakin kecil ukuran ZVI yang dihasilkan dari proses sintesis, maka akan semakin stabil dan reaktif ZVI tersebut. Kestabilan dan kereaktifan ZVI sangat mempengaruhi kemampuannya dalam mengadsorpsi dan mereduksi logam yang ingin dihilangkan dari lingkungan yang tercemar (Yuan *et al.*, 2006).

## **B. Aplikasi ZVI**

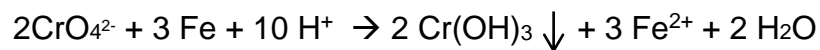
ZVI sudah banyak diaplikasikan pada proses remediasi terhadap air tanah dengan meremediasi unsur-unsur logam ataupun zat-zat yang bersifat karsinogenik dan larut dalam air, seperti Cr (VI) (Cao *et al.*, 2006), zat organik terhalogenasi (Li *et al.*, 2006) dan kontaminan lingkungan, baik organik maupun anorganik (Yuan *et al.*, 2006). Secara umum, berikut adalah berbagai kontaminan yang dapat diremidiasi oleh ZVI (Li *et al.*, 2006):

**Tabel 1.** Kontaminan yang dapat diremidiasi ZVI (Li *et al.*, 2006)

<b>Golongan Senyawa</b>	<b>Jenis Senyawa</b>	<b>Contoh Senyawa</b>
Metana Terklorinasi	Karbon tetraklorida (CCl <sub>4</sub> )	Kloroform (CHCl <sub>3</sub> )
		Diklorometana (CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> )
		Klorometana (CH <sub>3</sub> Cl)
	Benzena terklorinasi	Hexaklorobenzen (C <sub>6</sub> Cl <sub>6</sub> )
		Pentaklorobenzena (C <sub>6</sub> HCl <sub>5</sub> )
		Tetraklorobenzena (C <sub>6</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub> )
		Triklorobenzena (C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> Cl <sub>3</sub> )
		Diklorobenzena (C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub> )
		Klorobenzena (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl)
	Pestisida	DDT (C <sub>14</sub> H <sub>9</sub> Cl <sub>5</sub> )
		Lindana (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>6</sub> )
	Pewarna Organik	Orange II (C <sub>16</sub> H <sub>11</sub> N <sub>2</sub> NaO <sub>4</sub> S)
		Chrsoidin (C <sub>12</sub> H <sub>13</sub> ClN <sub>4</sub> )

Prinsip remediasi oleh ZVI adalah adsorpsi ion logam bermuatan positif pada permukaan ZVI. Kemudian, ion logam, misalnya Cr (VI) akan tereduksi oleh ZVI, karena menerima elektron dari ZVI yang memiliki kecenderungan untuk melepas elektron. Sehingga, Cr (VI) yang mudah larut dalam air akan tereduksi menjadi ion yang relatif stabil dan memiliki kelarutan yang rendah dalam air, sehingga akan mengendap dan dapat dipisahkan dari air.

Persamaan reaksi :

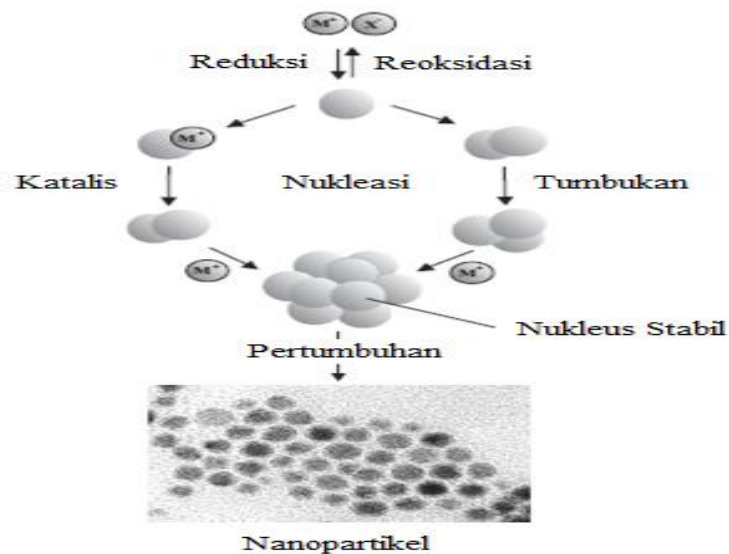


Selain itu, dalam air, oksida besi dapat bersifat seperti logam atau ligan tergantung sifat koordinasi kimia pada larutan (misalnya, pH). Pada pH rendah, oksida besi bermuatan positif dan menarik ligan bermuatan negatif (misalnya, fosfat). Ketika pH larutan di atas titik iso-elektrik (pH ≈ -8), permukaan oksida menjadi negatif dan dapat membentuk kompleks dengan kation (misalnya, Ni (II)) (Yuan *et al.*, 2006)

### **C. Metode Sintesis ZVI**

Proses sintesis material dapat dilakukan secara *top down* maupun secara *bottom up* (Kumar *et al.*, 2005). Secara *top down*, material yang berukuran besar digiling (*grinding*) sampai ukurannya

nanometer. Di samping itu dapat pula dilakukan dengan cara evaporasi, material berukuran besar dipanaskan sampai pada temperatur uapnya sehingga ter-evaporasi menghasilkan partikel-partikel berukuran nanometer. Secara *bottom up* sintesa material dilakukan dengan mereaksikan berbagai larutan kimia dengan langkah-langkah tertentu yang spesifik sehingga terjadi suatu proses nukleasi yang menghasilkan nukleus-nukleus sebagai kandidat partikel setelah melalui proses penjumlahan super dan kemudian terjadi pertumbuhan partikel. Laju pertumbuhan nukleus dikendalikan sehingga menghasilkan nanopartikel dengan distribusi ukuran yang relatif homogen. Sementara itu, ada penelitian lain yang dilakukan Hoag (2009) dengan menggunakan metode *Green Chemistry* yang lebih ramah lingkungan yaitu menggunakan polifenol sebagai reduktor.



**Gambar 2.** Skema proses pembentukan nanomaterial secara bottom up (Kumar *et al.*, 2005)

Penelitian yang dilakukan Hoag (2009), polifenol didapat dari ekstrak teh hijau. Ekstrak teh hijau diperoleh dari pemanasan teh hijau dalam pada suhu 80° C. Kemudian polifenol digunakan untuk mereduksi garam Fe(II) atau Fe(III) menjadi Fe(0). Tahap ini dilakukan dengan meneteskan FeCl<sub>3</sub> ke dalam ekstrak teh hijau dengan perbandingan volume FeCl<sub>3</sub> dan teh hijau adalah 2:1 dan sintesis ini menghasilkan 66 mM nZVI. Metode sintesis ZVI dengan menggunakan polifenol sebagai reduktor ini tidak menghasilkan limbah yang berbahaya bagi lingkungan dan akan lebih menghemat biaya penelitian.

#### **D. Pisang Kepok**

Pisang merupakan tumbuhan monokotil yang termasuk dalam family Musaceae. Pohonnya menyerupai tumbuhan hijau dengan tinggi 2-9 meter, akar rhizome berada dalam tanah dan pelepahnya terdiri dari lembaran daun dan mahkota terminal daun tempat munculnya bakal buah (Seymour, 1993). Menurut penelitian Lim *et al.* (2006), diketahui bahwa pisang mengandung antioksidan sekunder yang potensial karena kemampuannya untuk mengikat ion logam yang paling tinggi daripada beberapa jenis buah lainnya.

**Tabel 2.** Klasifikasi pisang kepok

<b>Divisi</b>	Spermatophyta
<b>SubDivisi</b>	Angiospermae
<b>Kelas</b>	Monocotyledone
<b>Famili</b>	Musaceae
<b>Genus</b>	Musa
<b>Spesies</b>	Musa spp.

Pemilihan jenis pisang untuk penelitian ini didasarkan pada penentuan kandungan polifenol pada pisang dan kemampuan kulit pisang agar tidak membusuk (menjadi berwarna coklat) ketika dikeringkan. Menurut Someya *et al.* (2002), kandungan polifenol per gram kulit pisang kering adalah 907 mg dan pada daging buah keringnya hanya 2.09 mg/g saja. Hal inilah yang membuat kulit pisang lebih dipilih sebagai sumber untuk memperoleh polifenol dibandingkan daging buah pisang dan sumber tanaman lain.

**Gambar 3.** Pisang Kepok

Pada saat pisang telah matang (Gambar 3), kulit buah mengandung polifenol dua kali lipat lebih banyak dibandingkan daging buahnya (John dan Marchal, 1995) dan akan terdapat titik-titik serta garis berwarna coklat diatas warna kuning kulit pisang. Garis coklat ini mengindikasikan kerusakan polifenol dan titik-titik ini menunjukkan bahwa buah pisang telah sangat matang. Oleh karena itu, sampel kulit pisang yang akan diambil harus pisang yang tepat matang, untuk menghindari adanya kerusakan polifenol yang akan digunakan sebagai reduktor ketika sampel kulit pisang nanti dikeringkan.

Menurut Nagarajaiah (2010), yang melakukan uji dengan kulit pisang tiga jenis genom tanaman pisang yaitu, AAA, AB dan AAB. Tabel 3 menunjukkan bahwa kulit pisang dengan genom AAB memiliki rata-rata kandungan polifenol tertinggi daripada 2 jenis tanaman pisang lainnya (menggunakan 3 pelarut berbeda: methanol, etanol dan akuades).

**Tabel 3.**Total Polifenol sampel kulit pisang dalam 3 genom berbeda

<b>Pelarut</b>	<b>Pisang AAA</b>	<b>Pisang AB</b>	<b>Pisang AAB</b>
<b>Total Polifenol (mg/100 gram sampel kulit pisang)</b>			
<b>Metanol</b>	520,00 ± 0.00	750,00 ± 0.00	850,00 ± 0.00
<b>Etanol</b>	430,00 ± 10,95	750,00 ± 0,00	680,00 ± 10,95
<b>Air</b>	200,00 ± 0.00	220,00 ± 0.00	290,00 ± 0.00

Menurut Abdullah *et al.* (1990), pisang dengan genom AAA yang umum ditanam di Indonesia antara lain adalah pisang ambon putih, pisang ambon lumut, dan pisang badak, sementara pisang dengan genom ABB adalah pisang siem dan pisang kepok, dan pisang dengan genom AAB adalah pisang raja, pisang tanduk dan pisang nangka. Dari data diatas, jenis sampel kulit pisang yang akan diambil adalah pisang kepok. Hal ini didasari karena kulit pisang kepok memiliki kandungan polifenol yang cukup banyak dan tidak terlalu mudah membusuk ketika dikeringkan, sehingga tidak terlalu banyak polifenol yang rusak dari proses pengeringan tersebut. Selain itu, pisang kepok merupakan jenis pisang yang mudah didapat di pasar-pasar di Indonesia.

## **E. Polifenol**

Polifenol merupakan salah satu jenis zat antioksidan, artinya polifenol merupakan zat yang dapat mencegah oksidasi dari molekul lain. Antioksidan akan menghentikan reaksi ini dengan menghilangkan zat antara radikal bebas, dan menghambat reaksi oksidasi lainnya dengan mengoksidasi dirinya sendiri. Hal ini membuat polifenol dapat digunakan sebagai reduktor (Helmut, 1997). Penggunaan polifenol sebagai reduktor sebelumnya telah diterapkan oleh George Hoag

(2009) untuk sintesis nZVI. Polifenol digunakannya untuk mereduksi garam Fe (II) dan Fe (III) menjadi Fe (0).

Polifenol merupakan suatu zat kimia metabolit sekunder yang banyak terkandung dalam tanaman. Kandungan polifenol dalam suatu tanaman sangat bervariasi. Berikut adalah tabel kandungan polifenol dari berbagai tanaman yang dibuat berdasarkan penelitian oleh Jimenez *et al.* (2010) melalui *high-performance liquid chromatography* (HPLC).

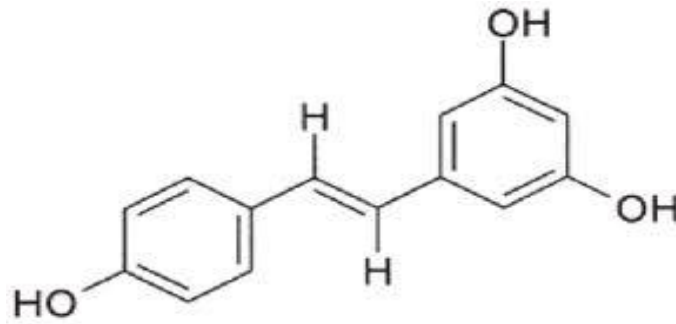
**Tabel 4.** Kandungan polifenol dari berbagai sumber tanaman  
(Jimenez *et al.*,2010)

<b>Sumber tanaman</b>	<b>Kandungan Polifenol (mg/100 g)</b>
Cengkeh	15188
Chocolate	1618
Biji seledri	1007
<b>Kulit Pisang (Someya <i>et al.</i> 2002)</b>	<b>907</b>
Tepung kedelai	267
Teh hijau	82
Kedelai panggang	153
Susu coklat	236
Strawberry	205

Dari tabel diatas, terlihat bahwa sumber tanaman yang memiliki kadar polifenol terbesar, paling murah dan paling mudah untuk didapatkan adalah kulit pisang. Menurut Someya *et al.* (2002), kandungan polifenol per gram kulit pisang kering adalah 907 mg dan pada daging buah keringnya hanya 2.09 mg/g saja. Hal inilah yang membuat kulit pisang lebih dipilih sebagai sumber untuk memperoleh polifenol dibandingkan sumber tanaman lain dan daging buah pisang.

Untuk memperoleh polifenol dari kulit pisang, digunakan proses ekstraksi. Sebelum melakukan ekstraksi, kulit pisang terlebih dahulu dipotong-potong kecil-kecil dan direbus. Perebusan ini dilakukan untuk menginaktifkan enzim polifenoloksidase yang dapat menyebabkan komponen polifenol pada kulit pisang menjadi rusak. Enzim ini dapat mengkatalis terjadinya oksidasi fenol menjadi kuinon yang sangat aktif dan dapat bereaksi dengan gugus amino dan sulfhidril pada protein dan enzim sehingga mengubah karakteristik fisik dan kimia dari protein dan menyebabkan terjadinya pencoklatan (Shahidi dan Nazck, 1995).

Polifenol berasal dari kata poli yang berarti “banyak” dan fenol yang terdiri dari cincin fenil dan gugus –OH (Marc-Andre, 2012).



**Gambar 4.** Struktur Umum Polifenol (Marc-Andre, 2012)

Dari gambar diatas terlihat bahwa polifenol memiliki banyak gugus hidroksil, sehingga membuat polifenol mudah larut dalam pelarut-pelarut polar seperti air, metanol dan etanol, karena akan ada banyak ikatan hidrogen yang mungkin terjadi dalam reaksinya dengan pelarut-pelarut tersebut. Oleh karena itu, ekstraksi polifenol yang akan dilakukan hanya membutuhkan pelarut yang mudah didapat, biaya yang rendah, dan tidak terlalu berbahaya bagi lingkungan.

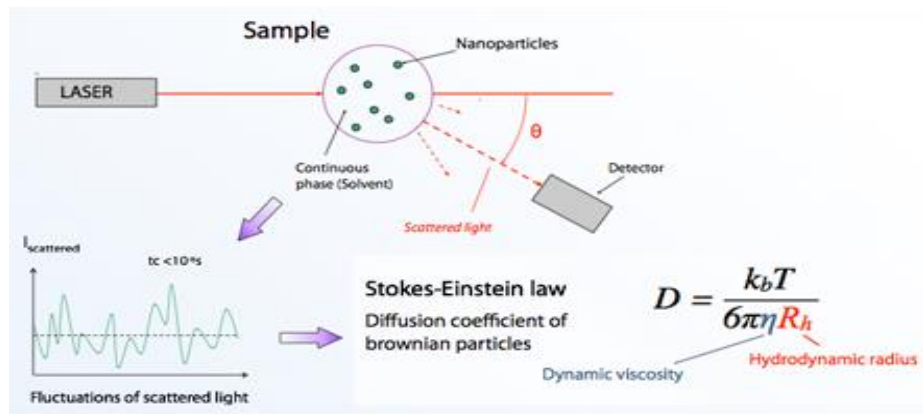
#### **F. Karakterisasi ZVI**

Pada penelitian ini, karakterisasi ZVI dilakukan dengan beberapa instrumen, antara lain, Spektrofotometer UV-Vis, FTIR, PSA, SEM-EDX dan XRD. Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk mengetahui konsentrasi ion besi dalam suatu larutan berwarna, FTIR untuk mengetahui gugus fungsi ZVI hasil sintesis, PSA untuk mengetahui distribusi ukuran partikel ZVI yang dihasilkan, SEM-EDX digunakan

untuk mengetahui morfologi permukaan dan atom-atom penyusun ZVI dan XRD untuk mengetahui susunan komposisi dan struktur kristal ZVI.

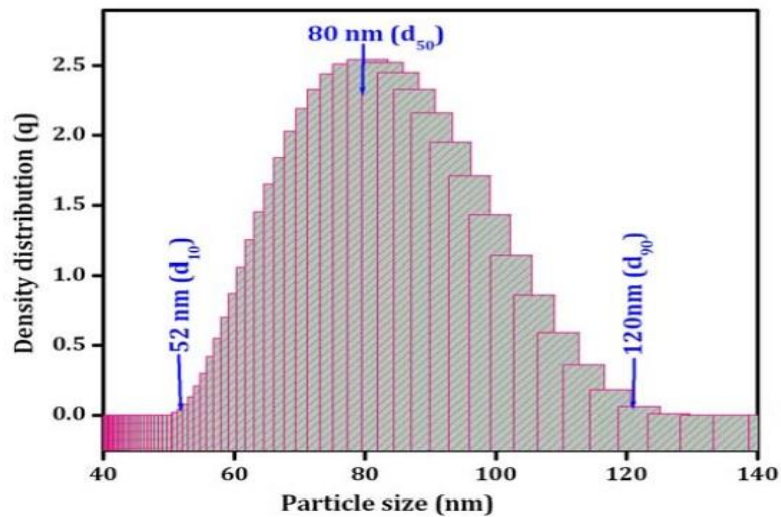
#### 1. **PSA** (*Particle Size Analyzer*)

PSA merupakan instrumentasi untuk semua jenis analisis dan karakterisasi ukuran partikel dari nanometer hingga beberapa mikron. Rentang Ukuran partikel (nm) dan konsentrasi sampel (% volume) yang mampu terukur yaitu 0,5 nm sampai 6  $\mu\text{m}$  dan jangkauan konsentrasi hingga 40% dari volume sampel terkecil (50  $\mu\text{L}$ ). PSA mengaplikasikan gerakan termal partikel dalam suspensi (gerak brown) untuk menentukan ukuran partikel tersebut. Ketika suspensi sampel disinari oleh laser dan sinar tersebut tersebar di arah tertentu, maka partikel akan terdeteksi dengan resolusi yang tinggi. Dari fluktuasi intensitas cahaya yang tersebar, mobilitas partikel dapat dihitung lalu dengan menggunakan rumus Stokes-Einstein, ukuran partikelnya dapat dihitung (Corduan-tech, 2013).



**Gambar 5.** Skema kerja alat PSA (Corduan-tech, 2013)

Pada penelitian ini PSA sangat berperan dalam analisis dan pengukuran distribusi ukuran partikel ZVI hasil sintesis dan tingkat homogenitas ukuran partikel yang dihasilkan dan dinyatakan dengan nilai *polydispersity index* (PDI). Berikut hasil pengukuran PSA terhadap nZVI yang dilakukan Yuvakkumar *et al.*, (2011).

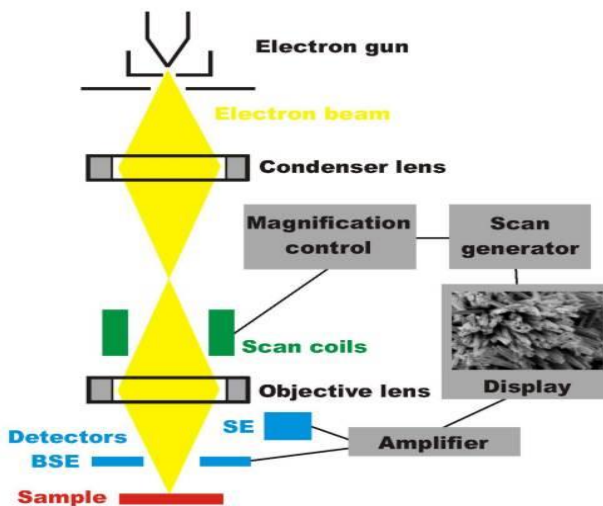


**Gambar 6.** Ukuran partikel dari nZVI (Yuvakkumar *et al.*, 2011)

## 2. SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

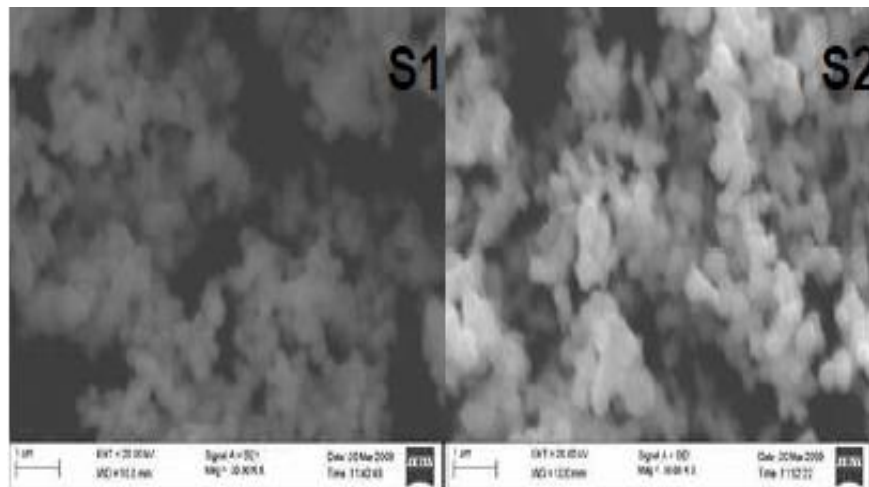
SEM atau *Scanning Electron Microscopy* adalah salah satu instrumen yang banyak digunakan dalam karakterisasi struktur atau morfologi suatu bahan dan menghasilkan informasi topografi. Selain itu, SEM-EDX juga mampu memberikan informasi kimia berupa komposisi permukaan (Hafner, 2007).

Prinsip kerja SEM yaitu, adanya penembakan berkas sinar elektron berenergi tinggi pada spesimen, dimana elektron yang diterima spesimen akan dihamburkan oleh spesimen yang bermuatan (karena sifat listriknya). Kemudian hamburan elektron tersebut diterima detektor dan akhirnya diproyeksikan ke permukaan layar berupa pencitraan morfologi permukaan. Berikut gambar skema alat SEM (Gambar 7) (Hafner, 2007).



**Gambar 7.** Skema kerja alat SEM (Hafner, 2007)

Berkas elektron yang ditembakkan memiliki energi 100 keV yang menghasilkan panjang gelombang kira-kira 0,04 nm dengan resolusi perbesaran mulai dari -10 hingga 30.000 nm (Hafner, 2007). Selain itu, spesimen yang ditembakkan berkas elektron harus dibuat sangat tipis agar berkas yang dihantarkan tidak diperlambat atau dihamburkan terlalu banyak. Berikut gambar karakterisasi SEM dari nZVI dengan berberapa surfaktan.



**Gambar 8.** Karakterisasi SEM dari sintesis nZVI: S1-EDTA-nZVI, S2-DTPA-nZVI (Allabakhs *et al.*, 2010)

### 3. XRD (*X-Ray Diffraction*)

XRD atau X-Ray Diffraction merupakan salah satu instrumentasi yang digunakan untuk mengetahui struktur kristal padatan, termasuk konstanta kisi dan geometri, identifikasi bahan yang telah diketahui, orientasi kristal tunggal, orientasi polikristal, cacat pada kristal, dll (Cupercino, 1999). Teknik ini digunakan untuk

mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel (Ratnasari *et.al.*, 2009).

Dasar dari pendifraksian sinar X yaitu difraksi sinar-X terjadi pada hamburan elastis foton-foton sinar-X oleh atom dalam sebuah kisi periodik dengan panjang gelombang yang biasanya berkisar  $0,7 - 2 \text{ \AA}$ . Hamburan monokromatis sinar-X dalam fasa tersebut memberikan interferensi yang konstruktif. Dasar dari penggunaan difraksi sinar-X untuk mempelajari kisi kristal adalah berdasarkan persamaan Bragg:

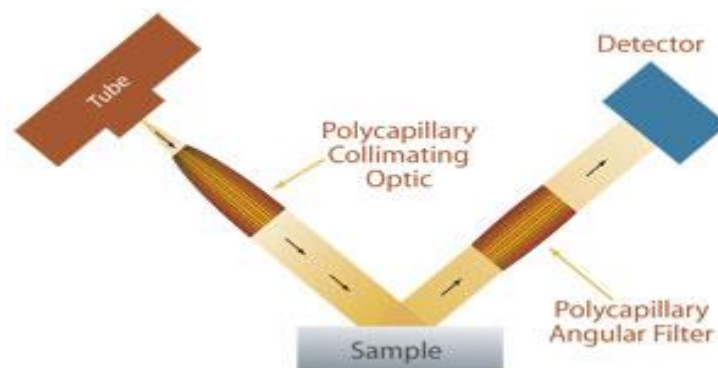
$$n \cdot \lambda = 2d \sin \theta$$

$$n = 0,1,2,3, \dots$$

Dimana  $d$  adalah jarak antar atom dalam fase kristal dan  $\lambda$  adalah panjang gelombang sinar-X. Intensitas sinar-X yang terdifraksi diukur sebagai fungsi dari sudut difraksi  $2\theta$  dan orientasi spesimen. Pola difraksi ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin spesimen dan untuk mengukur sifat strukturalnya (Cupercino, 1999).

Berdasarkan persamaan Bragg ini, maka dapat dijelaskan bahwa apabila seberkas sinar-X dijatuhkan pada sampel kristal,

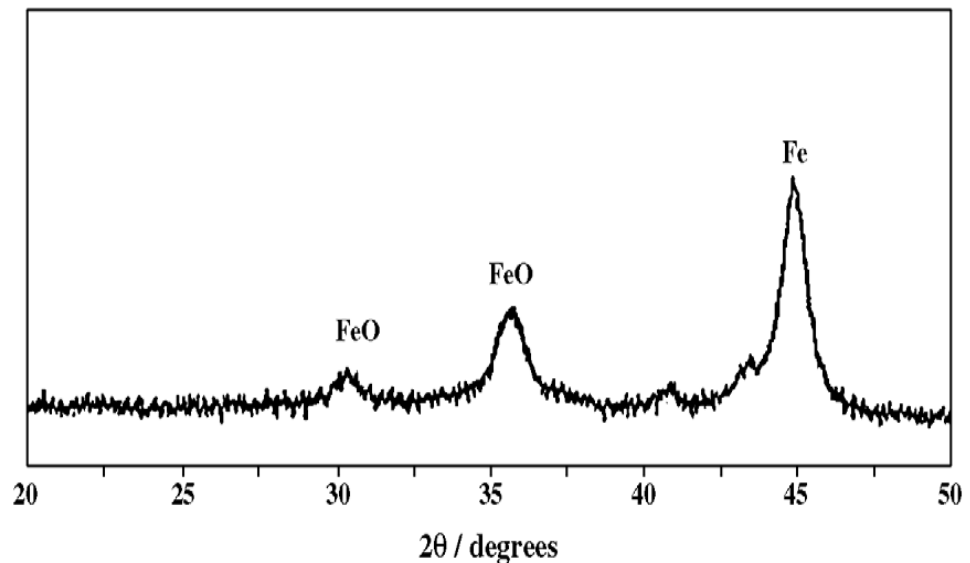
maka bidang kristal itu akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut. Kemudian, sinar yang dibiaskan tadi akan ditangkap oleh detektor, dan diterjemahkan sebagai sebuah puncak difraksi. Semakin banyak bidang kristal yang terdapat dalam sampel, maka akan semakin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkannya. Tiap puncak yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam sumbu tiga dimensi. Puncak-puncak yang didapatkan dari data pengukuran ini kemudian dicocokkan dengan standar difraksi sinar-X untuk hampir semua jenis material.



**Gambar 9.** Skema kerja alat XRD

Salah satu kelemahan dari XRD, dibandingkan dengan difraksi elektron, adalah intensitas rendah difraksi sinar-X, terutama untuk bahan logam dengan kadar rendah, XRD kurang sensitif sementara neutron atau difraksi elektron lebih sensitif.

Intensitas khas untuk difraksi elektron adalah  $10^8$  lebih besar daripada untuk XRD. Karena intensitas difraksi kecil, XRD umumnya membutuhkan spesimen besar dan informasi mengakuisisi adalah rata-rata lebih dari sejumlah besar material. (Gambar 10) menunjukkan spektrum bubuk XRD dari partikel besi .

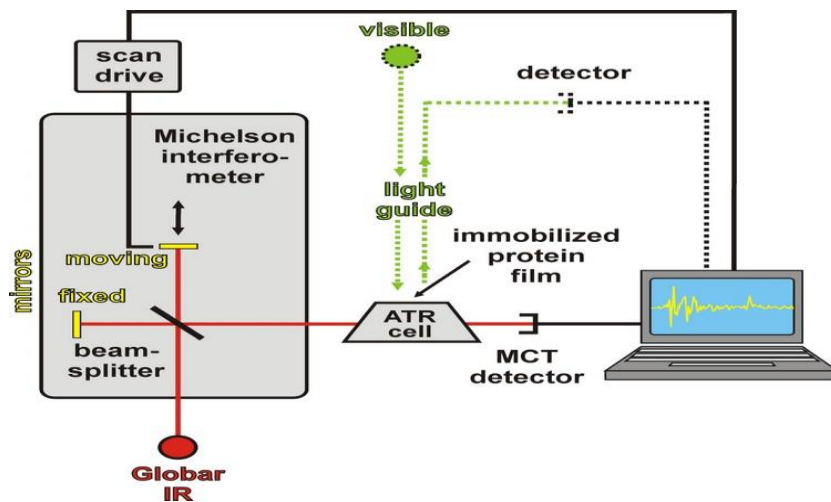


**Gambar 10.** Spektra XRD dari ZVI (Sun et al., 2006)

#### 4. FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

FT-IR singkatan dari *Fourier Transform Infrared*, merupakan metode spektroskopi dengan penggunaan radiasi sinar inframerah yang digunakan untuk identifikasi kualitatif dan kuantitatif dari suatu senyawa kimia seperti penentuan jenis ikatan maupun gugus fungsional yang diperlihatkan pada spektrum radiasi IR pada

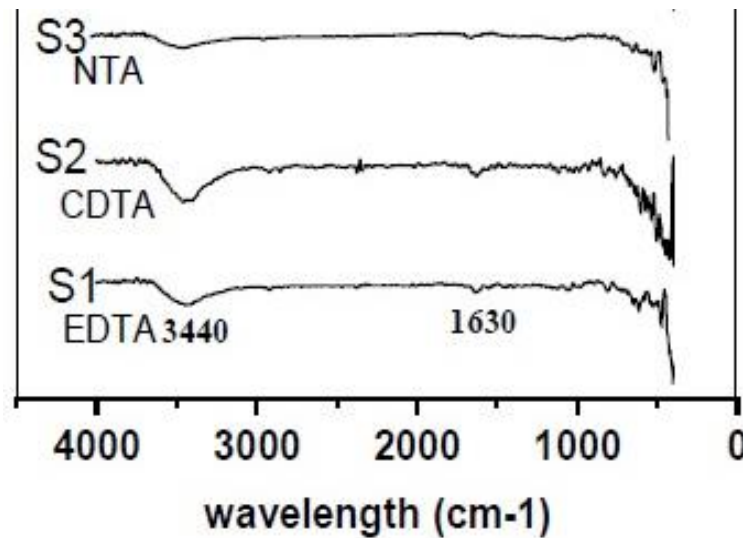
bilangan gelombang tertentu (Stuart, 2004). Spektrum yang dihasilkan merupakan penyerapan dan transmisi radiasi sinar infra merah dari molekul/senyawa yang akan diidentifikasi (Baravkar dan Kail, 2011). Skema instrumen FT-IR pada (Gambar 11).



**Gambar 11.** Skema kerja FT-IR

Interferometer Michelson merupakan komponen penting dalam FTIR. Penggunaan interferometer Michelson tersebut memberikan keunggulan metode FTIR dibandingkan metode spektroskopi infra merah konvensional maupun metode spektroskopi yang lain. Diantaranya adalah informasi struktur molekul dapat diperoleh secara tepat dan akurat (memiliki resolusi yang tinggi). Keuntungan yang lain dari metode ini adalah dapat digunakan untuk mengidentifikasi sampel dalam berbagai fase (gas,

padat atau cair) (Harmita, 2006). Berikut adalah spektrum FT-IR dari nZVI dengan berbagai surfaktan yang berbeda.



**Gambar 12.** Spektum FTIR dari sintesis nZVI: S1-EDTA-nZVI, S2-DTPA-nZVI, S3-NTAnZVI (Allabakhs *et al.*, 2010)

## 5. Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya yang relevan dengan penelitian ini adalah penelitian yang telah dilakukan oleh Sahid dan Saul (2014). Penelitian yang dilakukan oleh Sahid dan Saul adalah sintesis ZVI ramah lingkungan dengan menggunakan reduktor polifenol yang berasal dari ekstrak kulit pisang kepok. Pada penelitian tersebut Saul menggunakan polifenol hasil isolasi dan ekstraksi untuk mereduksi ion Fe (II) yang berasal dari larutan  $\text{FeSO}_4$  menjadi Fe(0) sebagai *Zero Valent Iron* (ZVI). Selain lebih ramah lingkungan, metode sintesis dengan reduktor polifenol juga lebih hemat biaya

dibandingkan apabila menggunakan reduktor  $\text{NaBH}_4$ . Kelebihan lain dari metode sintesis ZVI yang telah dilakukan Sahid dan Saul adalah ZVI hasil sintesisnya lebih terlindung dari korosi akibat sifat *capping agent* (agen penyelubung) dari polifenol yang dapat mencegah korosi dan karena tidak perlu melalui tahap pencucian dengan etanol pada saat proses pengeringan dan penyimpanan ZVI hasil sintesis, melainkan hanya disimpan dalam lemari es. Namun terdapat beberapa kelemahan yaitu penggunaan volume pelarut yaitu kloroform, etil asetat dan eter yang berlebihan pada proses isolasi dan ekstraksi. Pada percobaan ini ditentukan perbandingan komposisi (volume) polifenol:  $\text{FeSO}_4$  optimum pada proses sintesis adalah (1:4).

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Tujuan Operasional Penelitian**

Tujuan operasional dari penelitian ini adalah untuk mensintesis ZVI dengan polifenol sebagai reduktor yang diperoleh dari kulit pisang dan mengetahui suhu dan waktu *feeding* yang optimum dalam sintesis ZVI

#### **B. Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2015 hingga Juli 2015 di Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta.

#### **C. Metode Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode sintesis *bottom up* reduksi garam logam dengan tahapan sebagai berikut:

1. Ekstraksi polifenol dari kulit pisang kepok.
2. Sintesis ZVI dari larutan  $\text{FeSO}_4$  dan polifenol hasil ekstraksi dengan komposisi, suhu, dan waktu *feeding* yang berbeda-beda.

3. Karakterisasi ZVI hasil sintesis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis, PSA, FTIR, SEM-EDX dan XRD.

#### **D. Variabel**

Variabel bebas dalam sintesis ZVI adalah suhu dan waktu *feeding*. Variabel terikat dalam sintesis ZVI adalah distribusi ukuran partikel ZVI.

#### **E. Alat dan Bahan**

##### **1. Alat**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas (Pyrex) seperti gelas kimia, gelas ukur, erlenmeyer, labu volumetri, pipet tetes, pipet gondok, corong kaca, batang pengaduk dan corong pisah. Selain itu, penyaring Buchner, spatula, neraca timbang analitik, *hotplate magnetic stirrer*, *magnetic bar*, *water bath*, buret dan thermometer. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Spektrofotometer UV-Vis, PSA, SEM-EDX, FTIR, dan XRD.

##### **2. Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit pisang kepok, garam  $\text{FeSO}_4$ , aquadest, aqua DM, etil asetat, dan kloroform.

## **F. Prosedur Penelitian**

Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahap, yaitu: ekstraksi polifenol dari kulit pisang, pengaruh suhu dan waktu *feeding* pada sintesis ZVI, dan karakterisasi ZVI.

### **1. Ekstraksi Polifenol dari Kulit Pisang Kepok**

Kulit pisang dipotong kecil berbentuk kubus dan ditimbang 300 gram. Disiapkan 900 mL aquades dengan suhu 80<sup>o</sup> - 90<sup>o</sup>C, kemudian dimasukan kulit pisang tersebut dan dididihkan selama 5 menit dalam *waterbath shaker* (perbandingan massa kulit pisang dengan massa air 1:3). Hal ini berfungsi untuk menginaktivasi enzim polifenoloksidase dalam kulit pisang (Jimenez dan Garcia, 2007). Campuran aquades dan kulit pisang kemudian dihaluskan dengan blender hingga homogen, kemudian dipanaskan kembali pada suhu yang sama selama 2 jam. Hancuran kulit pisang kemudian disaring dengan kain saring dan dilanjutkan dengan kertas saring Whatman no.1 menggunakan penyaringan vakum. Hasil penyaringan tersebut sebagai hasil isolasi selanjutnya diekstraksi untuk mendapatkan polifenol.

Hasil isolasi diekstraksi dengan kloroform (perbandingan volume filtrate dan kloroform 1:1) kemudian dilakukan pengadukan dengan shaker selama 30 menit. Hasil pengadukan berupa dua fasa

larutan, dimasukkan kedalam corong pisah dan didiamkan hingga campuran terpisah. Lalu, dipisahkan antara fasa air dan fasa kloroform, diambil fasa air untuk selanjutnya diekstraksi kembali dengan etil asetat (Perbandingan filtrate dengan etil asetat 1:1). Selanjutnya dilakukan pengadukan kembali dengan shaker selama 30 menit. Hasil pengadukan berupa dua fasa larutan, dimasukkan kedalam corong pisah dan didiamkan hingga campuran terpisah. Lalu, dipisahkan antara fasa air dan fasa etil asetat, diambil fasa etil asetat. Fasa etil asetat ini kemudian di keringkan dalam evaporator hingga kering, setelah kering ditambahkan 35 mL aquades kedalamnya dan didapatkan polifenol dengan volume 35 mL.

## **2. Sintesis ZVI**

Sintesis ZVI dilakukan dengan mencampurkan larutan  $\text{FeSO}_4$  dengan ekstrak kulit pisang di dalam botol sampel kecil dengan perbandingan polifenol :  $\text{FeSO}_4$  (1:4). Setelah proses pencampuran dilakukan pengadukan dengan *magnetic stirrer* 250 rpm selama 60 menit agar reaksi terjadi secara maksimal. Hasil pengadukan sebagai hasil sintesis dengan komposisi optimal kemudian digunakan untuk mengetahui pengaruh suhu dan waktu *feeding* terhadap distribusi ukuran partikel ZVI hasil sintesis tersebut.

Pengukuran distribusi ukuran partikel dari ZVI tersebut dilakukan dengan instrument PSA untuk menentukan suhu dan waktu *feeding* optimum digunakan untuk sintesis ZVI. Selain itu, ZVI hasil sintesis berupa suspensi, difiltrasi dengan kertas saring Whatman No.42 dengan ukuran pori 0,2  $\mu\text{m}$ . Padatan yang diperoleh kemudian dikeringkan dalam vakum selama satu malam untuk selanjutnya dilakukan karakterisasi dengan XRD, FTIR, dan SEM-EDX.

### **3. Pengaruh Suhu dan Waktu *Feeding* Terhadap Sintesis ZVI**

Pengaruh suhu dalam sintesis ditentukan dengan cara yang sama seperti sintesis ZVI, akan tetapi digunakan water bath untuk mengatur suhu pada saat reaksi dengan perbandingan  $\text{FeSO}_4$  dengan polifenol yang optimal. Reaksi dilakukan masing-masing pada suhu 0, 10, dan 25°C. Selain itu, waktu *feeding* divariasikan mulai dari peneteskan polifenol selama 0 menit, 30 menit, dan 60 menit. Kemudian ZVI hasil sintesis yang berupa fasa koloid dikarakterisasi dengan PSA dan difiltrasi dengan kertas saring Whatman No.42 dengan ukuran pori 0,2  $\mu\text{m}$ . Padatan yang diperoleh kemudian dikeringkan dalam vakum selama satu malam untuk selanjutnya dikarakterisasi SEM-EDX dan XRD.

#### **4. Karakterisasi ZVI**

Hasil sintesis ZVI kemudian dikarakterisasi dengan Spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui konsentrasi ion  $\text{Fe}^{2+}$  yang bereaksi dengan polifenol, PSA untuk mengetahui ukuran distribusi partikel ZVI yang dihasilkan, SEM untuk menentukan morfologi ZVI, EDX untuk mengetahui komposisi atom – atom penyusun suatu partikel, FTIR untuk menentukan gugus fungsi dalam ZVI hasil sintesis dan XRD untuk menentukan sifat dan morfologi kristal ZVI yang dihasilkan.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu dan waktu *feeding* dalam sintesis besi bervalensi nol (ZVI) dengan metode *green chemistry* yang memanfaatkan reduktor alami, polifenol dari ekstrak kulit pisang kepok. Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan antara lain, ekstraksi polifenol dari kulit pisang kepok, sintesis ZVI dari garam  $\text{FeSO}_4$  dengan polifenol dan mengetahui pengaruh suhu serta waktu *feeding* terhadap sintesis ZVI serta karakterisasi ZVI yang dihasilkan dari proses sintesis.

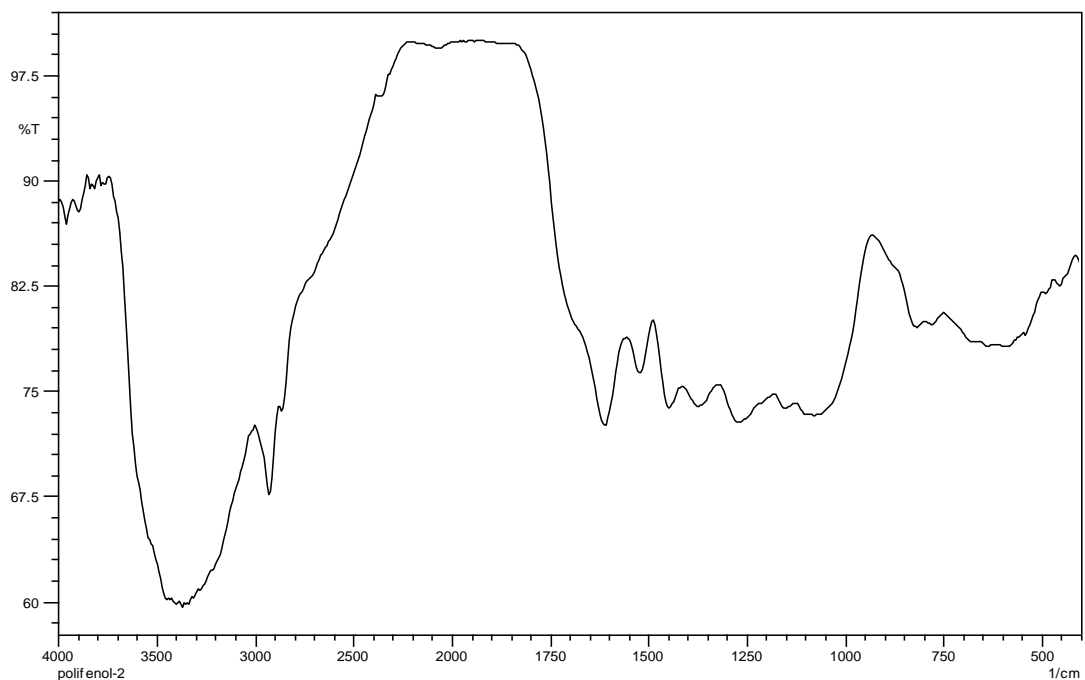
#### **A. Ekstraksi Polifenol dari Kulit Pisang Kepok**

Proses ekstraksi polifenol (PP) dari kulit pisang kepok pada penelitian ini, mengacu pada proses pembuatan polifenol dari kulit pisang kepok yang dilakukan (Sahid dan Saul, 2014) pada penelitian sebelumnya dan juga mengacu pada penelitian yang dilakukan Hoag *et al.* (2009). Metode ekstraksi yang digunakan adalah ekstraksi bertingkat dengan tiga jenis pelarut yang berbeda yaitu air, kloroform dan etil asetat. Dimana masing-masing pelarut memiliki peran yang dominan dalam proses ekstraksi dari polifenol, seperti halnya pelarut kloroform yang digunakan untuk menghilangkan senyawa-senyawa lemak yang masih terikat pada ekstrak air dan pelarut etil asetat

sebagai pelarut yang digunakan untuk mengikat senyawa-senyawa fenolik yang terkandung dalam kulit pisang kepok kerana pelarut ini umum digunakan untuk melarutkan senyawa antioksidan (Ranganna, 1978). Dari berbagai proses ekstraksi dengan beberapa pelarut tersebut, dari 300 gram kulit pisang kepok yang digunakan didapatkan ekstrak kering polifenol sebesar 0.7234 gram ekstrak atau sekitar 0.02% gram ekstrak dari total massa kulit pisang keseluruhan. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang sebelumnya dilakukan oleh Sahid dan Saul (2014) namun terdapat perbedaan dengan hasil penelitian yang pernah dilaporkan Someya *et al.* (2009) yaitu dari 300 gram kulit pisang segar dihasilkan 3.07 gram ekstrak atau sekitar 1.02 % gram ekstrak dari total massa kulit pisang yang digunakan serta hasil penelitian yang dilaporkan oleh Kanzawa dan Sakakibara (2000) yaitu dari 1050 gram ekstrak kulit pisang segar dihasilkan 29.84 gram ekstrak atau sekitar 2.84 % gram ekstrak. Berbagai perbedaan ini mungkin disebabkan karena adanya perbedaan jenis pisang yang digunakan, tingkat kematangan, maupun modifikasi proses ekstraksi yang dilakukan.

Polifenol yang dihasilkan selanjutnya akan digunakan sebagai agen pereduksi alami untuk mereduksi ion  $\text{Fe}^{2+}$  dari garam  $\text{FeSO}_4$ , menjadi besi bervalensi nol ( $\text{Fe}^0$ ). Namun sebelum digunakan, polifenol tersebut terlebih dahulu dikarakterisasi dengan FTIR untuk

mengetahui gugus-gugus fungsi apa saja yang terdapat pada senyawa-senyawa fenolik penyusun polifenol hasil ekstraksi tersebut, sebagai hipotesa awal dan konfirmasi awal bahwa yang dihasilkan merupakan senyawa fenolik sebagai penyusun senyawa polifenol dan bukan senyawa yang lainnya. Berikut spektra hasil analisis FTIR dari polifenol tersebut.



**Gambar 13.** Spektra hasil analisis FTIR pada polifenol

Berdasarkan hasil spektra diatas, terlihat bahwa terdapat beberapa puncak intens pada bilangan gelombang tertentu diantaranya, puncak yang terdapat pada bilangan gelombang  $3400 - 3200 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus hidrosil (O-H) fenol yang berikatan (gugus OH yang berikatan dengan cincin benzena) sebagai ciri utama suatu

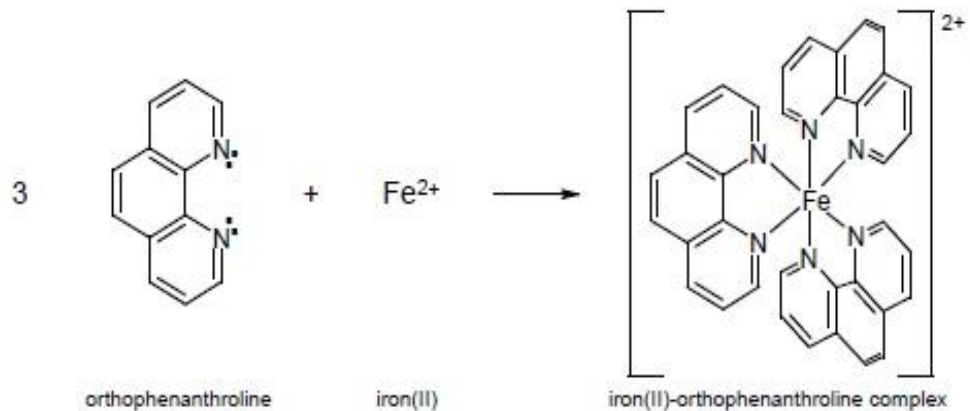
senyawa fenolik, kemudian terdapat puncak pada bilangan gelombang 2950 – 2900  $\text{cm}^{-1}$  dan 1680 – 1600  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya ikatan C-H aromatik yang terdapat pada cincin benzena dan adanya ikatan C=C alkene pada senyawa fenolik penyusun polifenol tersebut. Selanjutnya terdapat puncak pada bilangan gelombang 1500 – 1350  $\text{cm}^{-1}$  dan 1300 – 1000  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya ikatan C=C aromatik yang terdapat pada cincin benzena dan adanya ikatan C-O alkohol sebagai substitusi gugus hidroksil pada benzena, dan puncak yang terakhir yaitu puncak pada bilangan gelombang 800 – 500  $\text{cm}^{-1}$  merupakan daerah sidik jari yang menunjukkan adanya senyawa aromatik tersubstitusi. Data nilai bilangan gelombang tersebut berdasarkan pada referensi *IR Fundamental and Applications* (Stuart, 2004).

Hasil analisis FTIR tersebut memberikan gambaran bahwa adanya senyawa fenolik penyusun polifenol tersebut adalah benar yang ditunjukkan dengan adanya gugus-gugus organik penyusunnya dan hasil tersebut diperjelas dengan adanya hasil analisis dengan GC-MS yang dilakukan oleh Sahid dan Saul (2014) pada penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa polifenol yang dihasilkan, tersusun atas komposisi tiga jenis senyawa fenolik yang berbeda yaitu *2-Methoxy-4-vinylphenol*, *4-Methoxy-2-vinylphenol* dan *2-Methoxy-5-vinylphenol* yang memiliki intensitas tertinggi dalam analisis GC-MS.

## B. Sintesis ZVI dari Garam $\text{FeSO}_4$ dengan Polifenol

Pada penelitian ini, sintesis ZVI dilakukan secara *bottom up* dengan teknik reaksi reduksi pada garam logam yang dikembangkan berdasarkan metode *green chemistry*, yaitu menggunakan reduktor alami polifenol. Dimana, Kemampuan reduksi suatu agen pereduksi sangat mempengaruhi dalam tahapan proses sintesis yang terjadi antara lain, penjenuhan super, nukleasi, dan pertumbuhan partikel (Cao, 2004). Selain itu adanya kontrol pengaruh suhu, PH, waktu *feeding* dan gelombang ultrasonik (Fuente dan Grazu, 2012) juga sangat berperan dalam proses sintesis terutama dalam kontrol pertumbuhan partikel. Oleh karena itu, pada penelitian itu akan dilihat pengaruh dari suhu dan waktu *feeding* terhadap partikel ZVI yang dihasilkan. Proses sintesis ZVI dilakukan dengan mereaksikan secara langsung antara larutan  $\text{FeSO}_4$  0,5 M dengan polifenol pada perbandingan komposisi tertentu dalam satuan volume (mL). Karena itu, akan ditentukan terlebih dahulu perbandingan komposisi optimum yang akan digunakan dalam proses sintesis ZVI, yaitu dengan membuat beberapa variasi perbandingan komposisi, reaksi antara larutan  $\text{FeSO}_4$  0,5 M dengan polifenol antara lain 1:4, 2:3, 2,5:2,5, 3:2 dan 4:1. Dari berbagai variasi perbandingan komposisi tersebut, akan ditentukan perbandingan komposisi optimum berdasarkan jumlah ion

$\text{Fe}^{2+}$  yang bereaksi dengan polifenol menggunakan analisis spektrofotometer UV-Vis. Pengukuran nilai absorbansi pada analisis spektrofotometer UV-Vis dilakukan dengan membuat kompleks  $\text{Fe}[\text{ortofenantrolin}]^{2+}$  yang berwarna orange kemerahan berdasarkan pengukuran yang dilakukan Robert (1975) dengan mereaksikan larutan 1,10-ortofenantrolin dengan hasil sintesis ZVI dimana terdapat ion  $\text{Fe}^{2+}$  yang tersisa, sesuai dengan persamaan reaksi yang terjadi.



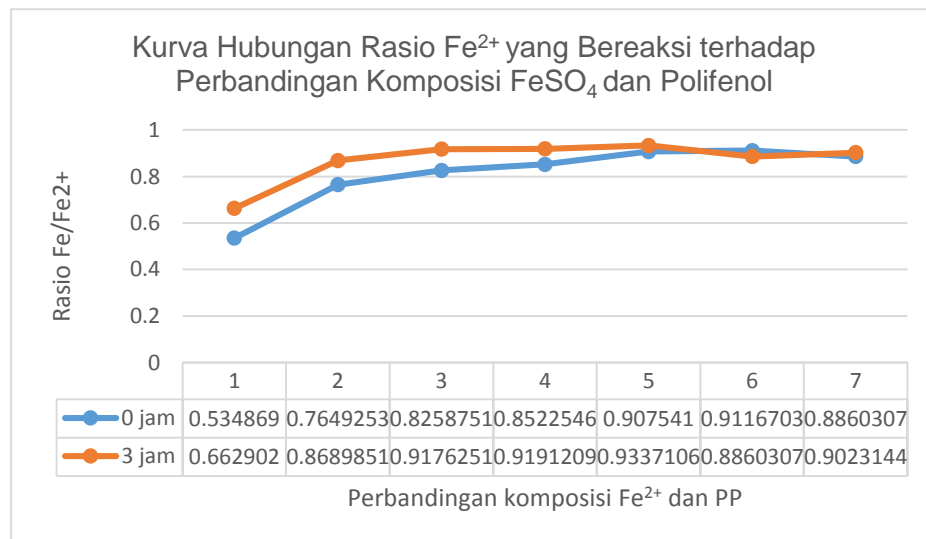
**Gambar 14.** Reaksi pembentukan kompleks  $\text{Fe}[\text{Ortofenantrolin}]^{2+}$  (Robert, 1975)

ion  $\text{Fe}^{2+}$  yang tersisa akan membentuk kompleks dan terukur pada nilai absorbansi tertentu sehingga pada akhirnya dapat ditentukan konsentrasi ion  $\text{Fe}^{2+}$  yang bereaksi dari selisih antara konsentrasi awal ion  $\text{Fe}^{2+}$  dengan konsentrasi ion  $\text{Fe}^{2+}$  yang tersisa. Berikut adalah hasil analisis jumlah ion  $\text{Fe}^{2+}$  yang bereaksi dengan polifenol dalam perbandingan komposisi tertentu dan waktu reaksi

tertentu yang dinyatakan dalam tabel dan kurva rasio konsentrasi  $\text{Fe}^{2+}$  yang bereaksi dengan konsentrasi awal dari larutan  $\text{FeSO}_4$  (ppm).

**Tabel 5.** Nilai rasio  $\text{Fe}/\text{Fe}^{2+}$  pada masing-masing perbandingan komposisi  $\text{FeSO}_4$  dan polifenol

No	Perbandingan $\text{FeSO}_4$ dan Polifenol	Waktu Reaksi	
		0 jam (Rasio Awal)	3 jam
1	1 : 4	0.534868979	0.662901996
2	2 : 3	0.764925265	0.868985107
3	2.5 : 2.5	0.825875097	0.917625142
4	3 : 2	0.852254625	0.919120946
5	4 : 1	<b>0.907540978</b>	<b>0.933710593</b>
6	4.5 : 0.5	0.911670277	0.88603072
7	4.75 : 0.25	0.88603072	0.902314435



**Gambar 15.** Kurva hubungan rasio  $\text{Fe}^{2+}$  yang bereaksi terhadap perbandingan ion  $\text{Fe}^{2+}$  dan polifenol

Kurva dan tabel tersebut menunjukkan bahwa pada waktu reaksi dari 0 jam sampai 3 jam, rasio jumlah ion  $\text{Fe}^{2+}$  yang bereaksi (ppm) dengan polifenol lebih besar dan terjadi peningkatan dari rasio awal berada pada perbandingan komposisi  $\text{FeSO}_4$  dan polifenol yaitu pada perbandingan 4 : 1. Hal tersebut menunjukkan bahwa ion  $\text{Fe}^{2+}$  bereaksi secara optimum pada perbandingan komposisi tersebut. Sehingga pada penelitian ini, perbandingan komposisi  $\text{FeSO}_4$  dan polifenol akan didasarkan pada nilai perbandingan tersebut.

Pada penjelasan sebelumnya, dikatakan bahwa sintesis ZVI dibuat pada perbandingan komposisi tertentu. Begitupun waktu reaksi pada proses sintesis tersebut, karena itu ditentukan pula waktu reaksi optimum yang akan digunakan pada proses sintesis agar proses reaksi pada sintesis ZVI berjalan maksimum. Penentuan waktu reaksi optimum didasarkan pada hasil analisis *Particle Size Analyzer* (PSA) yang menunjukkan distribusi ukuran partikel ZVI tersebut pada waktu reaksi tertentu. Berdasarkan hasil analisis, didapatkan bahwa distribusi ukuran partikel ZVI hasil analisis PSA pada waktu reaksi 1 jam dengan kondisi *stirring* 250 rpm menunjukkan nilai distribusi ukuran partikel yang lebih bagus yaitu berada pada range yg tidak terlalu melebar jika dibandingkan pada waktu reaksi 30 menit dan 3 jam. Hal ini ditunjukkan pada grafik distribusi ukuran partikel dibawah ini.

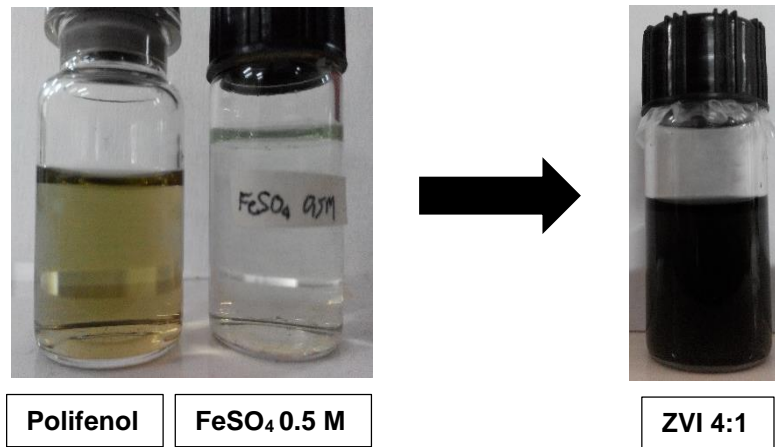


**Gambar 16.** Grafik pengaruh waktu reaksi terhadap distribusi ukuran partikel ZVI

Grafik distribusi ukuran partikel yang dinyatakan dalam besar intensitas, menunjukkan bahwa pada waktu reaksi 1 jam dihasilkan distribusi ukuran partikel dengan 10 % bagian pertama ( $Dv_{10}$ ), 50 % bagian pertama ( $Dv_{50}$ ) dan 90% bagian pertama ( $Dv_{90}$ ) dari jumlah total seluruh distribusi ukuran partikel yaitu ( $Dv_{10} : 338.93$ ), ( $Dv_{50} : 537.17$ ), dan ( $Dv_{90} : 851.36$ ), menunjukkan nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai yang terukur pada waktu reaksi selama 30 menit dan 3 jam. Selain itu diperoleh nilai PDI (*Polydisversity Index*) yang menunjukkan homogenitas dari ukuran partikel dalam suatu suspensi yang juga jauh lebih kecil dibandingkan dengan PDI pada pengaruh waktu reaksi 0.5 jam dan 3 jam yaitu 0.1240. Oleh karena itu, waktu reaksi yang digunakan pada proses sintesis mengacu pada hasil

tersebut. Namun hasil tersebut berbeda jika dibandingkan hasil penelitian yang dilakukan Nadagouda *et al.* (2009), bahwa sintesis nZVI dengan polifenol ekstrak daun teh, optimum terjadi selama 48 jam yang ditunjukkan dengan perubahan konsentrasi nZVI yang stabil atau proses sintesis maksimal. Hasil penelitian ini menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan dengan hasil yang didapat pada penelitian ini, oleh karena itulah pada penelitian ini reaksi dilakukan pada kondisi *stirring* 250 rpm, dengan harapan akan mempercepat proses sintesis sehingga akan didapatkan waktu sintesis yang lebih efisien dan reaksi berjalan maksimal.

Setelah proses penentuan komposisi dari perbandingan  $\text{FeSO}_4$  dengan polifenol dan waktu reaksi optimum didapatkan yaitu perbandingan komposisi 4:1 dan waktu reaksi 1 jam pada kondisi *stirring* 250 rpm. Maka, proses sintesis ZVI akan mengacu kepada dua hasil tersebut dan akan dilihat pengaruh perubahan suhu dan waktu *feeding* terhadap ZVI yang dihasilkan, baik berupa distribusi ukuran partikelnya, struktur morfologi permukaan partikelnya serta struktur kristal ZVI tersebut. Berikut adalah hasil sintesis ZVI dari larutan  $\text{FeSO}_4$  dengan polifenol pada perbandingan komposisi 4 : 1 dan waktu reaksi 1 jam dengan kondisi *stirrer* 250 rpm pada suhu ruang yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



**Gambar 17.** Polifenol dan  $\text{FeSO}_4$  sebelum reaksi dan ZVI yang dihasilkan

Proses sintesis tersebut ternyata menghasilkan ZVI yang masih terdapat dalam fasa koloid berwarna hijau kehitaman, dari warna larutan awal  $\text{FeSO}_4$  tidak berwarna dan polifenol kuning jernih. Perubahan warna menjadi kehitaman ini dapat menunjukkan bahwa telah terjadi reaksi reduksi dari ion  $\text{Fe}^{2+}$  menjadi  $\text{Fe}^0$  oleh reduktor polifenol (Peron dan Brumaghim, 2009).

Hasil tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan Hoag *et al* dan Nadagouda *et al.* (2009), yaitu didapatkan nZVI dengan warna hitam pada fasa koloid. Selanjutnya akan dilihat pengaruh perubahan suhu reaksi dan waktu *feeding* terhadap perubahan distribusi ukuran partikel, struktur morfologi permukaan dan struktur kristal dari partikel ZVI yang dihasilkan dengan dikarakterisasi menggunakan beberapa instrument antara lain FTIR, PSA, SEM-EDX dan XRD.

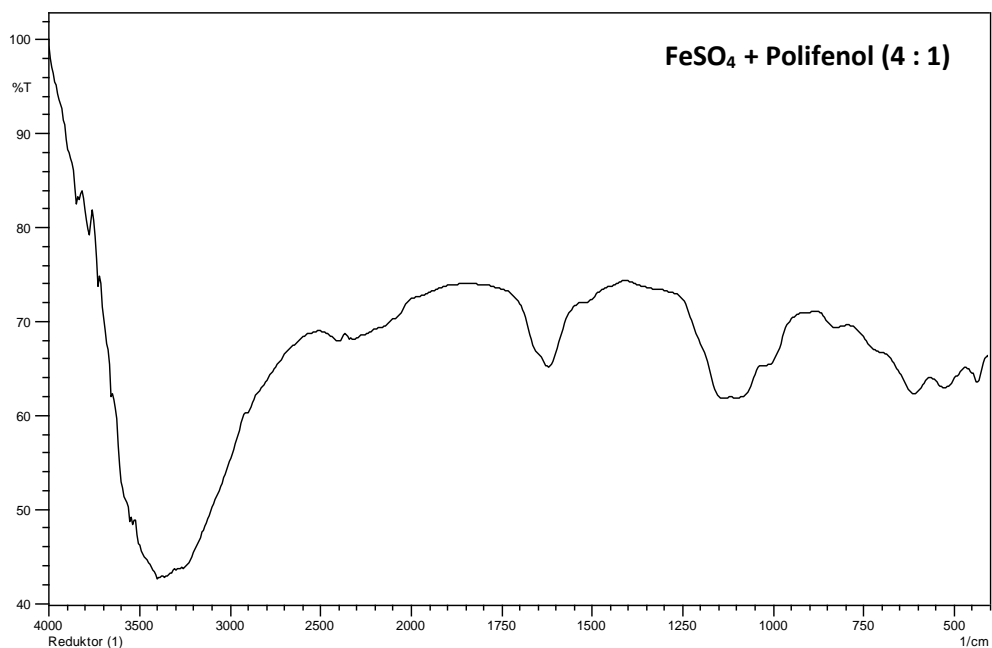
### **C. Karakterisasi ZVI**

Pada penelitian ini, ZVI hasil sintesis yang telah dioptimasi perbandingan komposisi dan waktu reaksinya serta dilihat pengaruh suhu dan waktu *feeding* terhadap distribusi ukuran partikel, struktur morfologi permukaan dan struktur kristal dari partikel ZVI yang dihasilkan akan dikarakterisasi dengan menggunakan empat instrumentasi antara lain FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*) untuk menentukan gugus fungsi yang terdapat pada partikel ZVI tersebut dan sebagai uji kualitatif bahwa ZVI telah terbentuk, PSA (*Particle Size Analyzer*) untuk menentukan distribusi ukuran partikel ZVI, SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersion X-Ray*) untuk melihat morfologi permukaan partikel ZVI tersebut dan untuk mengetahui komposisi atom-atom yang menyusunnya, dan XRD (*Xray Diffraction*) untuk mengetahui fasa kristal partikel ZVI yang dihasilkan. Berikut adalah hasil analisis partikel ZVI menggunakan instrument – instrument tersebut.

### **D. Analisis Gugus Fungsi ZVI dengan FTIR**

Pada penjelasan sebelumnya, telah dilakukan analisis gugus fungsi pada senyawa polifenol yang dihasilkan dengan menggunakan instrument FTIR. Polifenol yang telah dikarakterisasi tersebut

selanjutnya digunakan untuk direaksikan dengan larutan  $\text{FeSO}_4$  0.5 M pada perbandingan (4 : 1) selama 1 jam waktu reaksi dalam kondisi pengadukan konstan 250 ppm pada suhu ruang. Kemudian senyawa yang diduga merupakan ZVI dianalisis kembali menggunakan instrument FTIR untuk melihat perubahan hasil reaksi, baik perubahan struktur gugus fungsi maupun adanya penambahan gugus fungsi dimana diduga akan adanya gugus Fe yang terikat pada salah satu atom, sebagai bukti adanya  $\text{Fe}^0$  yang terbentuk dari reaksi reduksi tersebut. Berikut hasil analisis FTIR pada ZVI dengan perbandingan komposisi 4 : 1.



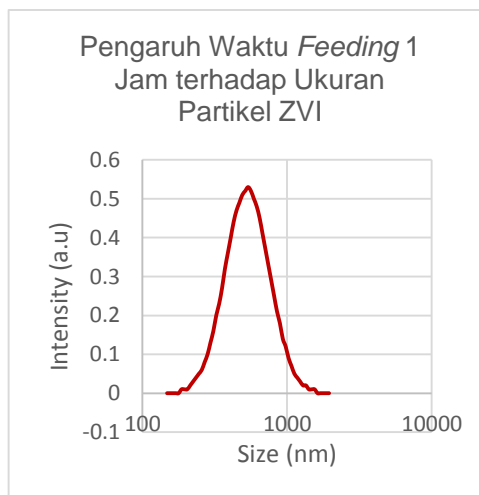
**Gambar 18.** Hasil analisis FTIR ZVI pada perbandingan komposisi  
4 : 1

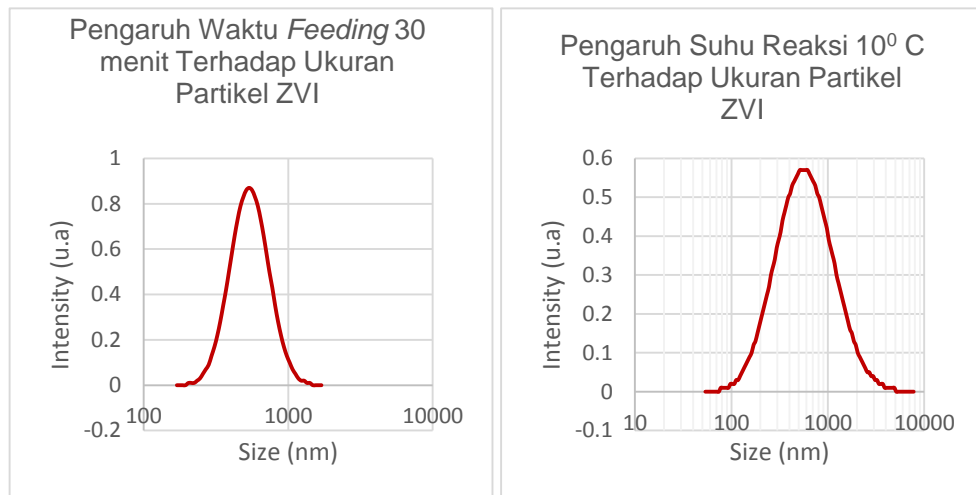
Berdasarkan gambar spektra tersebut, tampak beberapa puncak yang menunjukkan adanya gugus fungsi yang terdapat pada sampel ZVI 4 : 1 tersebut yaitu, puncak yang terdapat pada bilangan gelombang 3400 – 3200  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus hidroksil (O-H) dari fenol yang tersubstitusi pada cincin benzena dan merupakan ciri utama suatu senyawa fenolik, kemudian terdapat puncak pada bilangan gelombang 1600 – 1500  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya ikatan C=C alkena pada gugus aromatik dari senyawa fenolik penyusun polifenol tersebut. Selanjutnya terdapat puncak pada bilangan gelombang 1100 – 1000  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya gugusan anorganik  $\text{SO}_4^{2-}$  yang berasal dari  $\text{FeSO}_4$  dan puncak pada bilangan gelombang 600  $\text{cm}^{-1}$  ini merupakan daerah sidik jari yang menunjukkan adanya ikatan Fe-O, yaitu pada senyawa hasil reaksi polifenol dengan  $\text{FeSO}_4$ . Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Setyawati *et al.* (2010), yang menunjukkan bahwa ikatan Fe-O dari ligan EDTA berada pada bilangan gelombang 470  $\text{cm}^{-1}$  dan kedua hal ini pun mengacu pada literatur bahwa vibrasi logam dengan gugus O berada pada bilangan gelombang 600-400  $\text{cm}^{-1}$  (Nakatomo, 1978). Sedangkan puncak yang terakhir adalah puncak pada bilangan gelombang 500 – 400  $\text{cm}^{-1}$  merupakan daerah sidik jari yang menunjukkan adanya senyawa aromatik tersubstitusi.

Terdapat beberapa perbedaan yang terlihat apabila hasil analisis diatas dibandingkan dengan hasil analisis FTIR pada polifenol sebelum direaksikan dengan larutan  $\text{FeSO}_4$  yaitu adanya pergeseran bilangan gelombang yang menunjukkan terjadinya pergeseran frekuensi gugus fungsional pada puncak yang terbentuk yaitu, puncak yang terbentuk menjadi lebih lebar atau landai dan hal ini merupakan ciri dari analisis FTIR pada senyawa anorganik. Dimana adanya senyawa anorganik yang berinteraksi dengan pelarut organik dalam hal ini polifenol, akan menimbulkan interaksi dengan vibrasi-vibrasi lain dari senyawa anorganik tersebut yaitu atom Fe baik  $\text{Fe}^0$ , ion  $\text{Fe}^{2+}$  maupun ion  $\text{SO}_4^{2-}$ , sehingga memungkinkan terjadinya pergeseran frekuensi gugus fungsionalnya (Mulja, 1995). Selain perbedaan tersebut, terdapat pula perbedaan pada gugus fungsi yang berhasil dinalisis yaitu terdapatnya puncak pada bilangan gelombang  $600 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya ikatan antara atom Fe dengan O, hal ini memperlihatkan bahwa adanya Fe yang terbentuk dari hasil sintesis sesuai dengan tujuan sintesis tersebut. Namun Fe-O tersebut juga menunjukkan bahwa Fe telah teroksidasi yang erat kaitannya dengan proses korosi pada besi. Kereaktifan yang tinggi dari Fe pada ZVI dan proses korosi yang berjalan spontan inilah merupakan faktor utama yang menyebabkan ZVI sangat mudah teroksidasi (Cook, 2009).

## E. Analisis Distribusi Ukuran Partikel ZVI

Analisis distribusi ukuran partikel, tingkat homogenitas ukuran partikel dan ukuran partikel rata-rata dari ZVI yang dihasilkan, dianalisis menggunakan instrument *Particle Size Analyzer (PSA)* VASCO PSA 114102. Metode pengukuran yang digunakan adalah metode basah, dimana sampel ZVI yang diukur terdispersi dalam pelarut yang digunakan atau masih pada fasa koloidnya. Pada tahap awal pengukuran akan dilihat pengaruh variable suhu reaksi  $10^{\circ}\text{C}$  dan waktu *feeding* 30 menit terhadap distribusi ukuran partikel pada waktu reaksi optimum yaitu 1 jam reaksi yang digunakan pada proses sintesis ZVI. Hal ini dimaksudkan untuk melihat *trend* distribusi ukuran partikel dari kedua variable tersebut, apakah dihasilkan distribusi ukuran partikel yang lebih baik atau mendekati distribusi ukuran partikel yang dihasilkan pada waktu reaksi optimumnya. Berikut adalah grafik distribusi ukuran partikernya.





**Gambar 19.** Grafik distribusi ukuran partikel PSA berdasarkan intensitas a) Waktu reaksi 1 jam ; b) Waktu *feeding* reaksi total 30 menit ; c) Suhu reaksi 10°C

**Tabel 6.** Nilai distribusi ukuran partikel PSA

<b>Cumulants Method</b>	<b>Waktu Reaksi 1 jam</b>	<b>Waktu <i>Feeding</i> 30 menit</b>	<b>Suhu Reaksi 10°C</b>
<b>Dv10 (nm)</b>	338,93	<b>371,63</b>	296,20
<b>DV50 (nm)</b>	537,17	<b>537,17</b>	676,26
<b>DV90 (nm)</b>	851,36	<b>813,05</b>	1950,36
<b>PDI</b>	0,1240	<b>0,0940</b>	0,5320

Berdasarkan grafik dan tabel distribusi ukuran partikel tersebut, grafik pengaruh waktu *feeding* 0.5 jam memiliki nilai distribusi ukuran partikel dengan range 100-1000 nm yang mendekati range pengaruh

waktu reaksi selama 1 jam dan lebih kecil dibandingkan dengan distribusi ukuran partikel pada pengaruh suhu 10° C yang berada pada range 100 - 10000 nm. Hal tersebut menunjukkan bahwa waktu penetasan 0.5 jam memiliki *trend* yang lebih baik dibandingkan pada pengaruh suhu 10°C pada distribusi ukuran partikelnya, dan hal ini pun terlihat pada nilai PDI (*Polydispersity Index*) yang menunjukkan homogenitas dari ukuran partikelnya, yaitu didapatkan nilai yang lebih kecil jika dibandingkan dengan waktu reaksi 1 jam dan suhu reaksi 10°C.

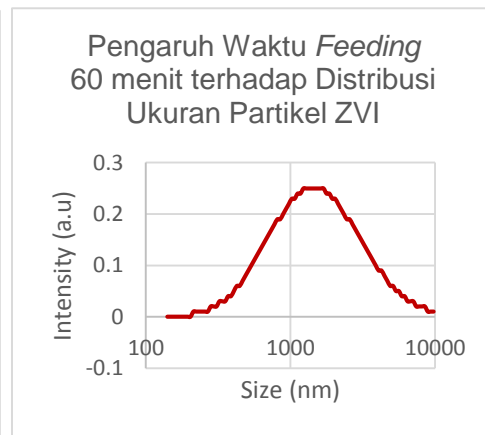
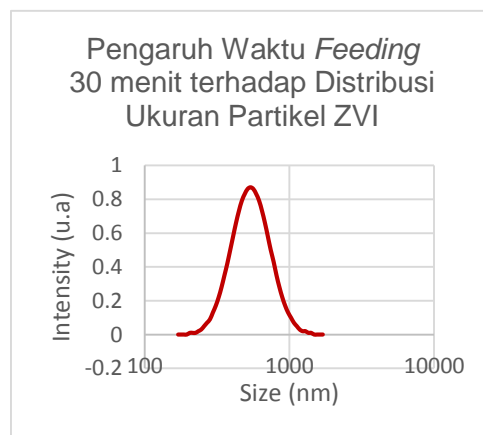
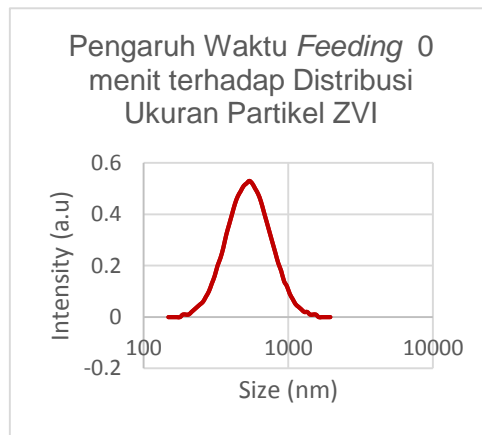
Namun tingkat kestabilan (mudah/tidaknya teraglomerasi) yang dimiliki waktu *feeding* 30 menit jauh lebih rendah dibandingkan dengan pengaruh waktu reaksi 1 jam dan suhu reaksi 10°C. Hal ini terlihat pada hasil *acquisitions* (pengulangan pembacaan) pada alat yang menunjukkan tingkat ketelitian pembacaan alat dan tingkat kestabilan larutan yaitu pada waktu *feeding* 30 menit hanya 3 kali akuisisi, sedangkan waktu reaksi 1 jam dan suhu reaksi 10°C berturut-turut 15 kali dan 10 kali akuisisi. Menurunnya tingkat kestabilan partikel ini disebabkan karena adanya perubahan secara drastis sifat reaktivitas kimianya yang berbanding lurus dengan penurunan nilai distribusi ukuran partikel. Dimana, fraksi jumlah atom yang menempati permukaan meningkat. Reaktivitas kimia suatu partikel sangat bergantung pada jumlah atom yang ada pada permukaan partikel

tersebut karena atom-atom inilah yang akan melakukan kontak langsung dengan atom-atom partikel yang lain (Schaefer, 2010).

Berdasarkan berbagai hasil analisis diatas, selanjutnya akan dibuat variasi waktu *feeding* dan suhu reaksi untuk mengetahui pengaruh kedua variable tersebut sehingga waktu *feeding* dan suhu optimum pada proses sintesis ZVI dapat ditentukan. Variasi waktu *feeding* dibuat pada 0 menit, 30 menit dan 60 menit dalam kondisi *stirrer* 250 rpm selama 1 jam. Teknik yang digunakan untuk mengatur waktu *feeding* yaitu dengan menggunakan alat tetes yang telah dikalibrasi total tetesannya. Dari total tetesan yang telah diketahui, selanjutnya diatur jeda waktu penetesannya pada saat proses sintesis berlangsung hingga didapat total waktu sesuai dengan variasi yang telah dibuat. Teknik ini dimaksudkan untuk mengontrol proses nukleasi dan pertumbuhan partikel yang erat kaitannya dengan ukuran partikel, struktur morfologi permukaan dan struktur kristal yang akan dihasilkan (Kumar *et al*, 2005). Berikut hasil analisis PSA, berupa tabel dan grafik dari nilai distribusi ukuran partikel ZVI terhadap pengaruh waktu *feeding*.

**Tabel 7.** Nilai Distribusi Ukuran Partikel PSA

Cumulants Method	Waktu <i>Feeding</i>		
	0 menit	30 menit	60 menit
Dv10 (nm)	338,93	<b>371,63</b>	939,50
DV50 (nm)	537,17	<b>537,17</b>	3716,34
DV90 (nm)	851,36	<b>813,05</b>	7764,53
PDI	0,1240	<b>0,0940</b>	0,6070



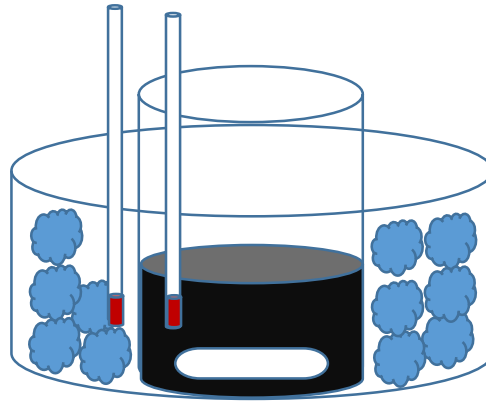
**Gambar 20.** Grafik distribusi ukuran partikel PSA berdasarkan intensitas terhadap pengaruh waktu *feeding* a) 0 menit ; b) 30 menit ; c) 60 menit

Berdasarkan grafik distribusi ukuran partikel ZVI diatas, terlihat bahwa pada waktu *feeding* 30 menit memiliki distribusi ukuran partikel pada range yang jauh lebih sempit dibandingkan disrtibusi ukuran partikel pada waktu *feeding* 0 jam dan 1 jam. Hal ini dapat menunjukkan proses nukleasi yang berjalan lebih baik dan menghasilkan nukleus-nukleus sebagai kandidat partikel setelah melalui proses pertumbuhan dengan distribusi ukuran yang relatif lebih homogen (Schaefer, 2010) dan ditunjukkan pula dengan nilai PDI yang dihasilkan pun lebih kecil. Begitupun nilai 10%, 50% dan 90% bagian dari total keseluruhan distribusi ukuran partikel yang ditunjukkan dengan nilai  $Dv_{10}$ ,  $Dv_{50}$  dan  $Dv_{90}$  juga relatif lebih kecil. Hasil tersebut menunjukkan bahwa waktu *feeding* reaksi optimum terjadi pada waktu total 30 menit.

Namun distribusi ukuran partikel yang didapatkan pada kondisi optimum tersebut masih yang berada pada range nilai distribusi cukup besar. Hal ini didasarkan pada peningkatan kereaktifan kimia dan lebar celah pita (*band gap*) seiring dengan penurunan ukuran partikelnya. Selain itu dapat pula disebabkan oleh beberapa faktor antara lain, tingkat kestabilan partikel (Schaefer, 2010) dan kemampuan reduksi dari reduktor yang digunakan (Cao, 2004). Pada waktu *feeding* 0 menit dan 60 menit, tingkat kestabilan (mudah atau tidaknya teraglomerasi) yang dimiliki lebih tinggi dibandingkan

dengan pada waktu *feeding* optimum yang ditunjukkan dengan nilai akuisisi pada saat pengukuran antara lain; pada waktu *feeding* 0 menit dan 60 menit akuisisinya berturut-turut 15 kali dan 6 kali sedangkan pada waktu *feeding* 30 menit akuisisinya hanya 3 kali. Tingkat kestabilan dan pertumbuhan partikel erat kaitannya dengan mudah atau tidaknya partikel yang terbentuk untuk teraglomerasi, oleh karena itu sangat disarankan adanya penggunaan larutan separator seperti *polyvinyl alcohol* (PVA) atau *polyethylene glycol* (PEG) yang akan menstabilisasi dengan menggunakan sehingga membentuk koloid logam yang stabil (Kumar *et al.*, 2011). Selain itu faktor kemampuan reduksi dari polifenol pun berperan dimana kemampuan reduktor yang kuat menyebabkan reaksi berjalan cepat dan membentuk partikel yang lebih kecil sedangkan kemampuan reduktor yang lemah menyebabkan reaksi berjalan lambat dan relative dihasilkan partikel lebih besar (Cao, 2004).

Pada tahap selanjutnya, akan dilihat pengaruh perubahan suhu reaksi terhadap distribusi ukuran partikel ZVI yang dihasilkan sehingga dapat ditentukan pula suhu optimumnya. Variasi suhu dibuat pada temperatur 0°C, 10°C dan 25°C dengan koreksi temperature pada penelitian  $\pm 1^\circ\text{C}$ . Design alat yang digunakan sebagai berikut.

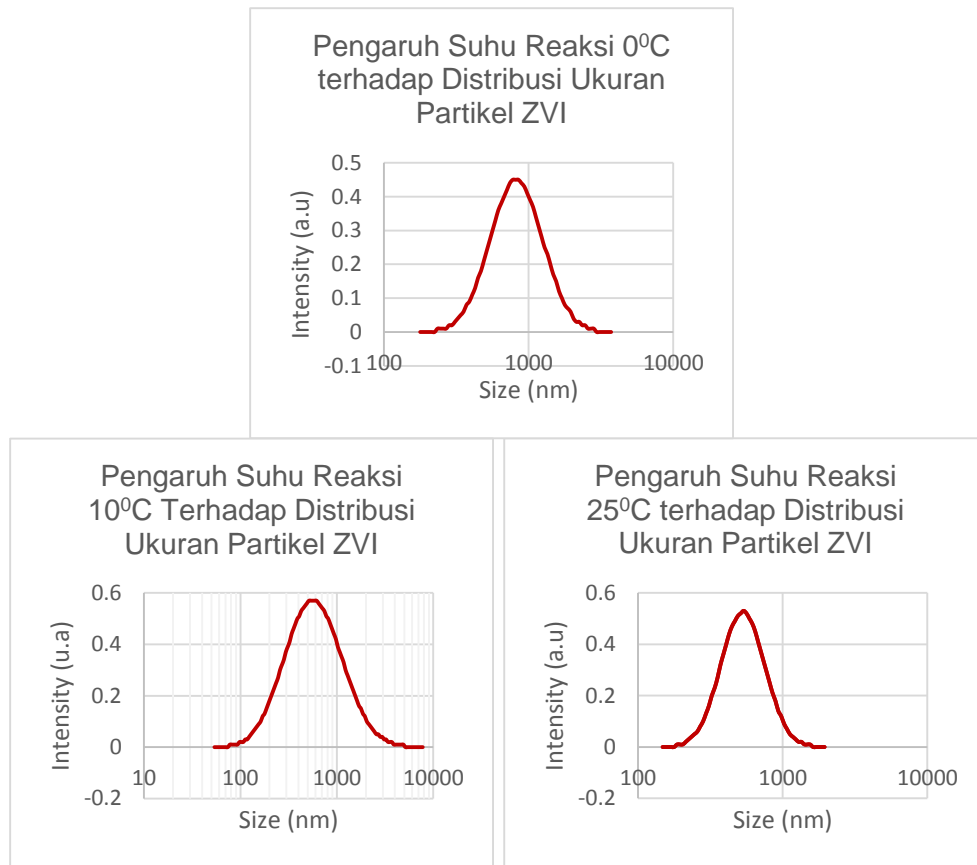


**Gambar 21.** Design alat pada proses kontrol suhu reaksi

Pada design alat terlihat bahwa digunakan dua termometer di bagian luar sistem dan bagian dalam sistem, hal ini dimaksudkan agar adanya control suhu dari luar sistem pada sistem reaksi sehingga nilai suhu didalam dan diluar sistem sama. Berdasarkan hasil penelitian pada pengaruh suhu reaksi, didapatkan tabel dan grafik distribusi ukuran partikel hasil analisis PSA sebagai berikut.

**Tabel 8.** Nilai Distribusi Ukuran Partikel PSA

Cumulants Method	Suhu Reaksi		
	0°C	10°C	25°C
<b>Dv10 (nm)</b>	489,91	296,20	<b>338,93</b>
<b>DV50 (nm)</b>	851,36	676,26	<b>537,17</b>
<b>DV90 (nm)</b>	1479,50	1950,36	<b>851,36</b>
<b>PDI</b>	0.1790	0,5320	<b>0,1240</b>



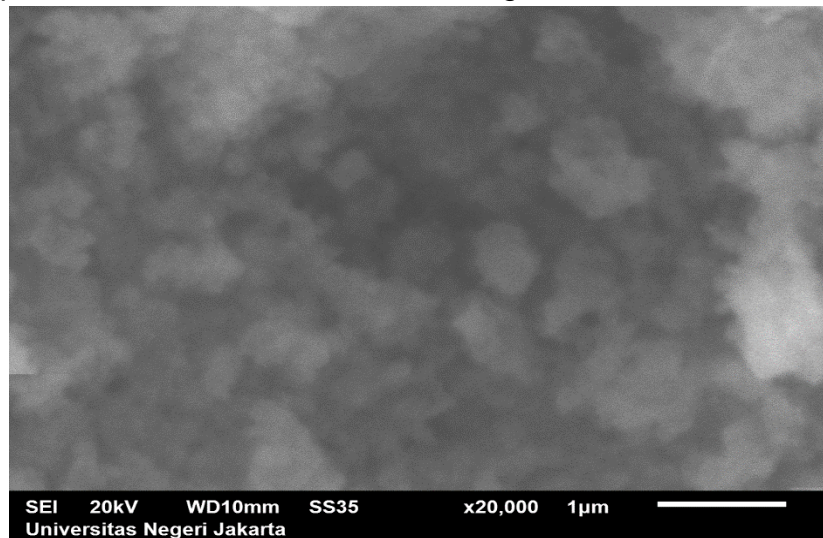
**Gambar 22.** Grafik distribusi ukuran partikel PSA berdasarkan intensitas terhadap pengaruh suhu reaksi a) 0°C ; b) 10°C ; c) 25°C (suhu ruang)

Berdasarkan grafik distribusi ukuran partikel ZVI diatas, terlihat bahwa pada suhu reaksi 0°C, ZVI pada fasa koloid yang dihasilkan memiliki distribusi ukuran partikel pada range ± 150 - 3000 nm, pada suhu reaksi 10°C memiliki disrtibusi ukuran partikel pada range 50 - 9700 nm dan pada suhu reaksi 25°C memiliki distribusi ukuran partikel pada range 150 - 1900 nm, Hal tersebut menunjukkan bahwa range nilai distribusi ukuran partikel yang dihasilkan pada suhu reaksi 25°C berada pada range yang lebih kecil atau sempit dibandingkan dengan range nilai distribusi ukuran partikel yang dihasilkan pada suhu reaksi 0°C dan

10°C dan ditunjukkan pula dengan nilai PDI yang didapat lebih kecil. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengaruh suhu reaksi terhadap distribusi ukuran partikel yang dihasilkan, cukup besar atau optimum pengaruhnya pada suhu 25°C (suhu ruang). Begitupun dengan tingkat kestabilan yang dihasilkan, bahwa ZVI yang dihasilkan pada pengaruh perubahan suhu tersebut menunjukkan tingkat kestabilan yang tinggi.

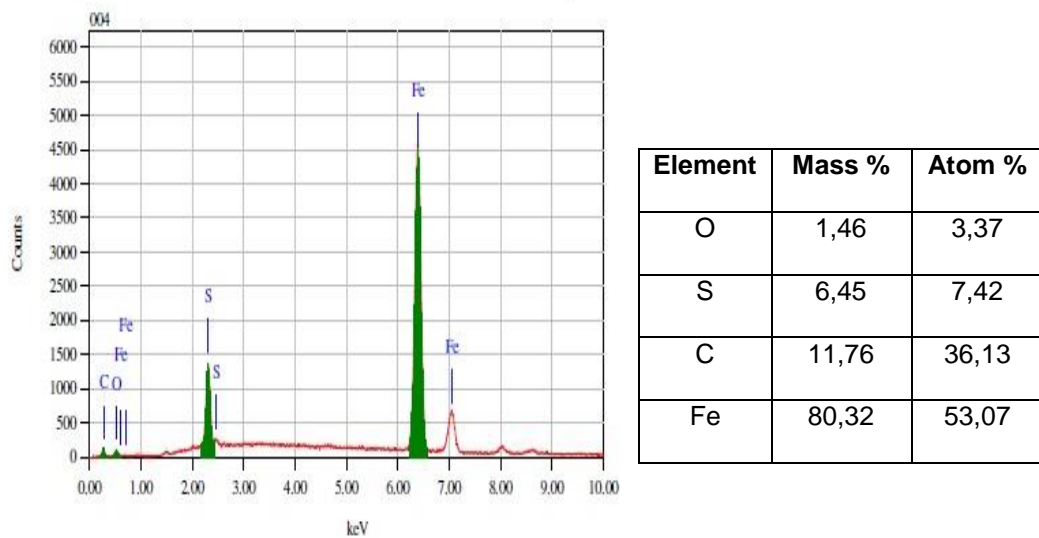
#### **F. Analisis Morfologi Permukaan dan Berat Relatif Unsur-unsur dalam ZVI**

Analisis morfologi permukaan ZVI yang dihasilkan menggunakan instrument SEM JEOL JSM 651-OLA dan analisis komposisi berat relative unsur – unsur yang terkandung dalam partikel ZVI yang dihasilkan menggunakan instrument EDX (*Energy Dispersive X-Ray*) memperlihatkan hasil-hasil analisis sebagai berikut.



**Gambar 23.** Hasil karakterisasi SEM ZVI pada perbesaran 20000x

Berdasarkan gambar tersebut, terlihat bahwa ZVI yang dihasilkan memiliki diameter dari keseluruhan partikel ZVI yang dihasilkan sekitar 1 $\mu$ m dan struktur permukaan seperti kumpulan butiran-butiran kecil berbentuk bola dengan ukuran yang masih sangat heterogen dan saling menempel atau teraglomerasi. Hal ini, dapat disebabkan karena adanya interaksi permukaan dari partikel ZVI yang terbentuk sebagai efek kereaktifan yang ditimbulkan (Schaefer, 2010). Hasil tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan Allabaksh *et al.*(2010) yang melaporkan bahwa hampir seluruh partikel nZVI berbentuk sferikal (seperti bola) dengan diameter partikel sekitar 200 nm dan ukuran partikel homogen. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian yang didapat, terdapat beberapa perbedaan pada homogenitas ukuran partikel dan diameter partikel yang dihasilkan. Hal tersebut dapat disebabkan karena adanya perbedaan proses nukleasi dan pertumbuhan partikel yang erat kaitannya dengan kemampuan reduksi dari *capping agent* yang digunakan dalam hal ini polifenol, dimana sebelumnya telah dikatakan bahwa kuat lemahnya kemampuan reduksi agen pereduksi sangat menentukan jalannya proses reaksi dan relativitas ukuran yang terbentuk (Cao, 2004). Kemudian setelah struktur morfologi permukaan dianalisis, dilihat pula komponen atom yang terdapat pada ZVI hasil sintesis, dengan hasil analisis EDX sebagai berikut.



**Gambar 24.** Grafik dan tabel EDX ZVI

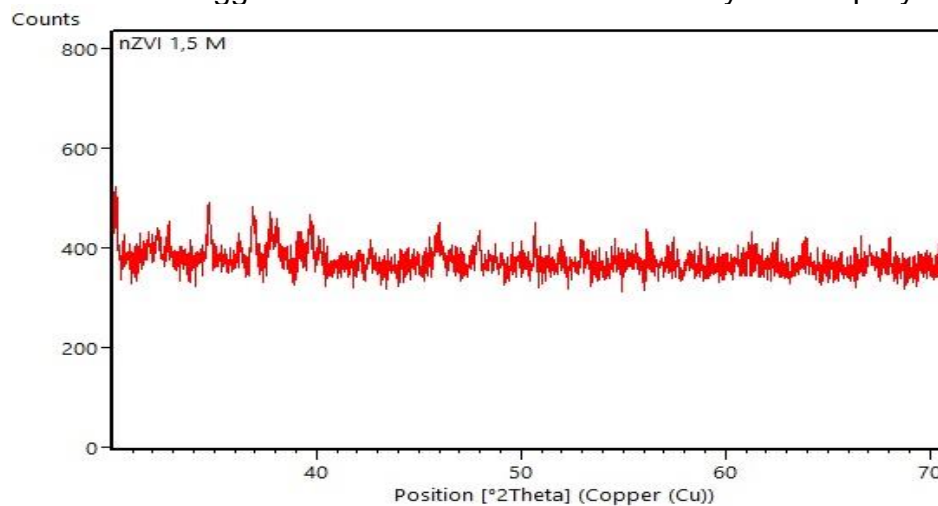
Berdasarkan hasil analisis tersebut, dapat diketahui bahwa berat relative komponen Fe yang terdapat dalam sampel ZVI hasil sintesis sebesar 80,32 % dengan % atom Fe sekitar 53,07 %. Hal ini menunjukkan bahwa Fe yang terbentuk dari hasil reaksi reduksi ion  $\text{Fe}^{2+}$  dari garam  $\text{FeSO}_4$  cukup banyak. Kemudian terdapat atom O dengan % massa relatif sebesar 1,46 dan % atom sebesar 3,37 %. Banyaknya jumlah atom O yang terdeteksi menunjukkan bahwa ZVI yang terbentuk telah teroksidasi dimana reaksi korosi pada besi berlangsung secara spontan dan hal tersebut juga memperlihatkan bahwa ZVI yang dihasilkan sangat reaktif (Cao, 2004) serta hasil ini pun sesuai dengan data pada analisis FTIR bahwa terdapat ikatan Fe-O pada bilangan gelombang  $600 \text{ cm}^{-1}$ . Namun hasil tersebut sangat berbeda dengan hasil yg dilaporkan Allabkhs *et al*,(2010) dengan % massa relatif Fe

yang dihasilkan berada pada range 70 – 90%. Hal tersebut dapat disebabkan karena adanya perbedaan pada *capping agent* (agen penyelubung) maupun *chelating agent* yang digunakan dimana kedua agen ini berperan dalam proses pencegahan aglomerasi dan pengontrol struktur morfologi yang dihasilkan (Kumar *et al.*, 2005).

Beberapa atom lain juga terdeteksi pada analisis EDX tersebut, antara lain atom S yang berasal dari garam  $\text{FeSO}_4$  sehingga memungkinkan adanya sedikit atom S yang ikut mengendap serta atom C yang berasal dari kertas saring yang terbuat dari serat selulosa dan digunakan pada saat penelitian

### G. Analisis Kristalografi ZVI

Analisis kristalografi ZVI yang dihasilkan pada penelitian ini dilakukan menggunakan instrument XRD PANanalytical Emperyan.



**Gambar 25.** Difraktogram XRD dari sampel ZVI

Berdasarkan gambar difraktogram diatas, tampak beberapa puncak intens yang menunjukkan pola difraksi yang khas dari sampel ZVI. Puncak yang tinggi dan melebar menunjukkan bahwa sampel berada pada fasa kristalin (Cupercino, 1999). Oleh karena itu untuk mengetahui fasa kristal yang terbentuk digunakan fitting dengan menggunakan software High Score Plus PANanalytical. Hasil fitting menggunakan instrument tersebut menunjukkan bahwa fasa kristalin ZVI berada pada puncak dengan posisi 2theta antara lain  $45,1575^{\circ}$ ;  $45,1624^{\circ}$ ;  $45,2015^{\circ}$ ;  $45,2358^{\circ}$ ;  $45,2788^{\circ}$ ;  $45,3230^{\circ}$  yang merupakan puncak-puncak dari atom Fe maupun maghemit (FeO). Nilai fasa yang didapat ini, mendekati dengan nilai fasa dari puncak pada posisi 2theta laporan hasil penelitian yang dilakukan Allabakhs et al (2010). Dimana, didapatkan puncak pada posisi 2theta dari nZVI berada pada range  $\sim 44,1528^{\circ}$  hingga  $45,2251^{\circ}$ . Begitupun dengan penelitian yang dilaporkan Yuvakkumar *et al.* (2011), yaitu puncak nZVI yang didapat berada posisi 2theta  $45^{\circ}$ .

Berdasarkan posisi puncak-puncak pada posisi 2theta tersebut dapat ditentukan perhitungan kuantitatif berupa persentase fase Fe dan maghemit berturut-turut 3,7% dan 96,3%. Besarnya persentase dari oksida besi tersebut dikarenakan kereaktifan yang tinggi dari ZVI hasil sintesis sehingga sangat mudah untuk teroksidasi.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain :

1. Polifenol yang dihasilkan dari ekstrak kulit pisang kepok dapat digunakan sebagai pereduksi yang mereduksi ion  $\text{Fe}^{2+}$  dari garam  $\text{FeSO}_4$  menjadi besi bervalensi nol ( $\text{Fe}^0$ ).
2. Hasil analisis Spektrofotometer UV-Vis menunjukkan bahwa perbandingan komposisi optimum garam  $\text{FeSO}_4$  dan polifenol adalah (4:1)
3. Hasil analisis distribusi ukuran partikel menunjukkan bahwa suhu reaksi optimum dan waktu *feeding* optimum pada proses reaksi adalah pada suhu reaksi  $25^\circ\text{C}$  dan waktu *feeding* 30 menit.
4. Struktur permukaan ZVI yang didapatkan berbentuk seperti kumpulan butiran-butiran kecil berbentuk bola dengan ukuran yang masih sangat heterogen dan saling menempel atau teraglomerasi.
5. Puncak-puncak pada posisi  $2\theta$  yaitu  $5,1575^\circ$ ;  $45,1624^\circ$ ;  $45,2015^\circ$ ;  $45,2358^\circ$ ;  $45,2788^\circ$ ;  $45,3230^\circ$  menunjukkan persentase fase Fe dan maghemit berturut-turut 3,7% dan 96,3%.

## B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka penelitian selanjutnya disarankan untuk :

1. Mengkaji kemampuan reduksi (*reducing power*) dari *capping agent* yang digunakan dalam hal ini polifenol.
2. Dihasilkan ZVI hasil sintesis dengan ukuran dibawah 100 nanometer.
3. Menguji kemampuan adsorpsi ZVI yang dihasilkan dan menentukan kapasitas adsorpsi yang dimiliki ZVI tersebut dengan pengujian menggunakan logam Ni dan Co.

## DAFTAR PUSTAKA

- Allabaksh, M. B., Mandal, B. K., Kesarla, M. K., Kumar, K. S., dan Reddy, P. S. 2010. *Preparation of Stable Zero Valent Iron Nanoparticles using Different Chelating Agents*. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 2(5), 67-74.
- Cao, G. 2004. *Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties and Applications*. London: Imperial College Press.
- Ceppercino, B. R. 1999. *Chapter 7: Basics of X-ray Diffraction*. USA: Scintag, inc.,
- Egerton, R. F. 2005. *Physical Principles of Electron Microscopy: An Introduction of TEM, SEM, and AEM*. USA: Springer.
- Gong dan Hart. 1998. *Ultrasound Induced Cavitation and Sonochemical Yields*. Journal of the Acoustical Society of America, 104, 1-16.
- Hafner, B. 2007. *Scanning Electron Microscopy Primer*. Twin Cities: University of Minnesota.
- Hoag, G. E., Collins, J. B., Holcomb, J. L., Hoag, J. R., Nadagouda, M. N., & Varma, R. S. (2009). *Degradation of Bromothymol Blue by 'Greener' Nano-Scale Zero-Valent Iron Synthesized Using tea Polyphenols*. Journal of Material Chemistry , 8671-8677.
- Kumar, C.S.S.R., Hormes, J., dan Leuschner, C. 2005. *Nanofabrication Towards Biomedical Applications*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim: Germany.
- Lindstrom, P., Tierney, J., Wathey, B., dan Westman, J. 2001. *Microwave Assisted Organic Synthesis a Review*. Tetrahedron Report, 9225 – 9283.
- Li, X., W. Elliott, D., dan Zhang, W. 2006. *Zero-Valent Iron Nanoparticles for Abatement of Environmental Pollutants: Materials and Engineering Aspects*. Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences, 31, 111-122.

- Nagarajaiah, S. B., & Parkash, J. 2011. *Chemical Composition and Antioxidant Potential of Peels from Three Varieties of Banana*. Asian Journal of Food and Agro-Industry , 31-46.
- Ponder, S., Darab J. G., & Mallouk T. E. 2000. *Remediation of Cr(VI) and Pb(II) Aqueous Solutions Using Supported, Nanoscale Zero-valent Iron*. Environmental Science and Technology. 2564-2569.
- Ratnasari, D., Hermanihadi, S., Indriyanto, W., Fathony, A., Devi W H, F., Agung R, P., et al. (2009). *X-Ray Diffraction (XRD)*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Ruthven, D. M. 1984. *Principle of Adsorption and Adsorption Processes*. Canada: John Wiley and Sons.
- Schaefer, H.E., 2010. *Nanoscience The Science of the Small in Physics, Engineering, Chemistry, Biology and Medicine*. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Sean, M. C. 2009. *Assessing the Use and Application of Zero-Valent Iron Nanoparticle Technology for Remediation at Contaminated Sites*. Environmental Protection Agency.
- Someya, S., Yoshiki, Y. and Okubo, K. 2002. Antioxidant compounds from banana (*Musa Cavendish*). Food Chemistry 79: 351-354.
- Sun, Y. P., Li, X. Q., Cao, J., Zhang, W. X., & Wang, H. P. 2006. *Characterization of zero-valent iron nanoparticles*. Advances in Colloid and Interface Science, 120, 47-56.
- Sun, Y. P., Li, X. Q., Cao, J., Zhang, W. X., & Wang, H. P. 2007. *A Method for The Preparation of Stable Dispersion of Zero-Valent Iron Nanoparticles*. Colloids and surfaces A: Psycchochemistry Engineering Aspects, 308, 60-66.
- Thermo, N. Corp. 2001. *Introduction to Fourier Transform Infrared Spectrometry*, 1-8.
- Yuvakkumar, R., Elango, V., Rajendran, V., & Kannan, V., 2011. *Preparation and characterization of zero valent iron Nanoparticles*. Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures, 6(4). 1771-1776.

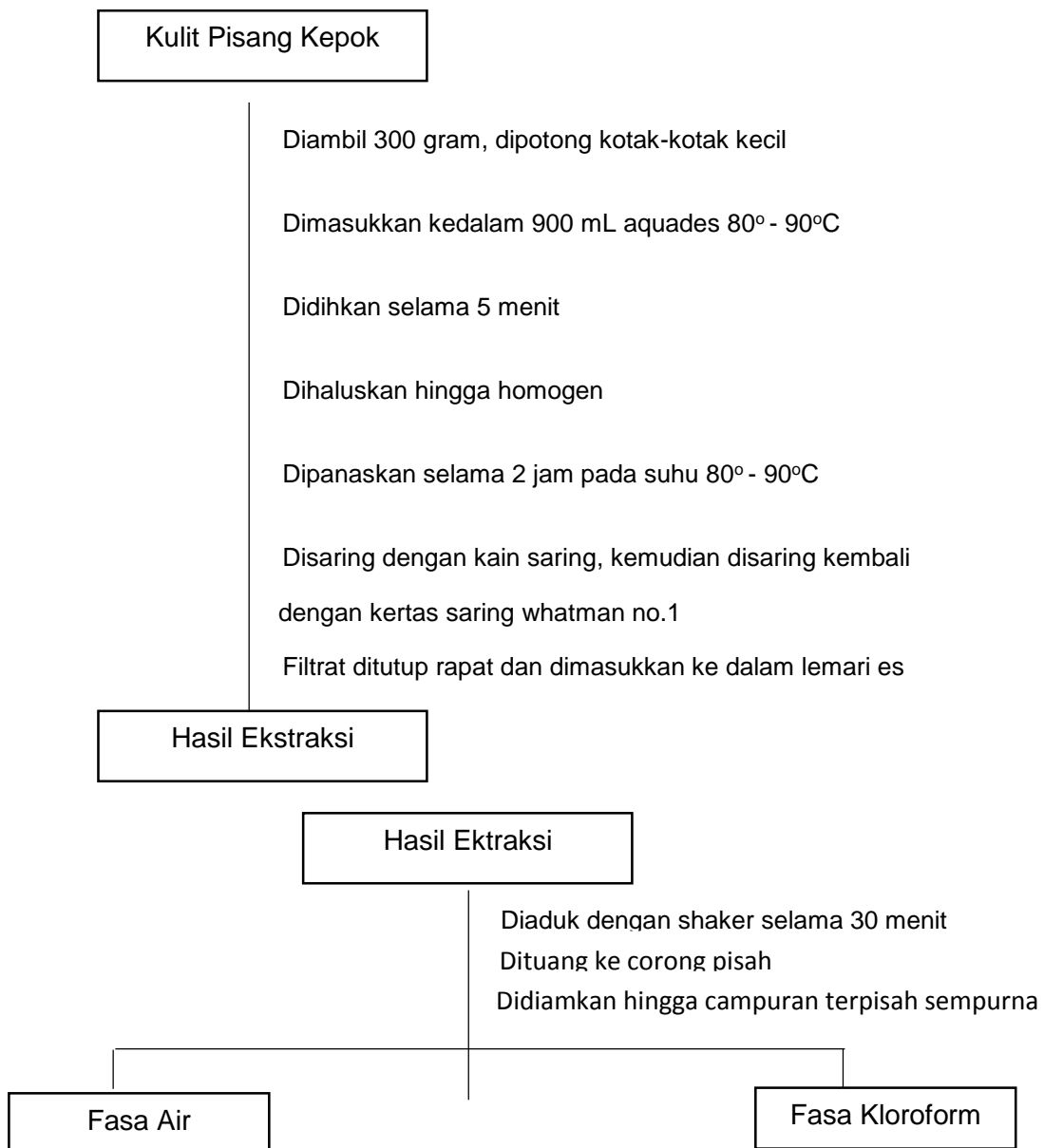
Zhang, X., Lin, S., Lu, X. Q., & Chen, Z. L. 2010. *Removal of Pb(II) from water using synthesized kaolin nanoscale zero valent iron*. Chemical Engineering Journal, 163, 243-248.

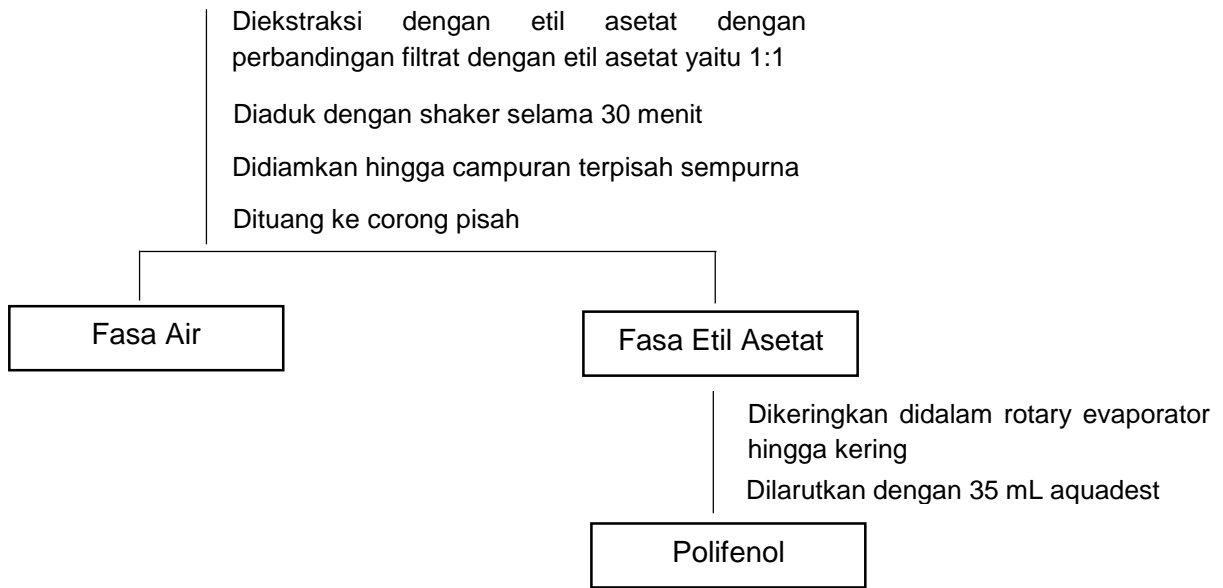
## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Bagan Prosedur Penelitian

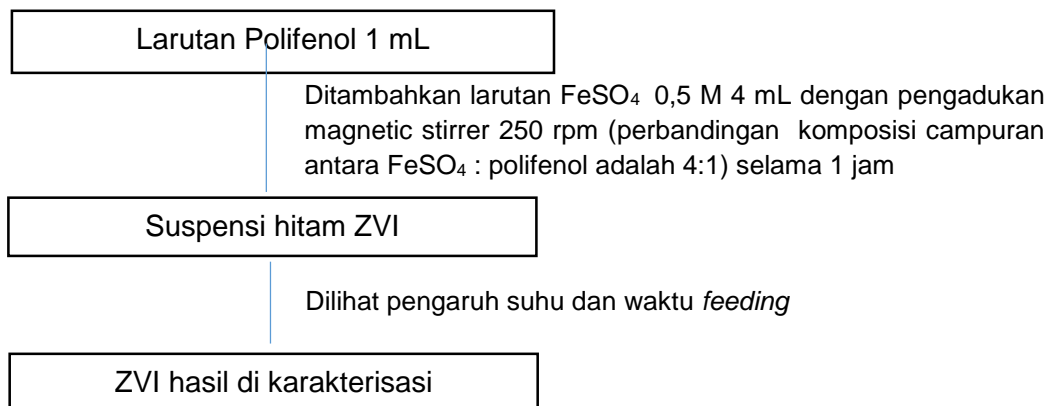
#### A. Pembuatan Polifenol dari Ekstrak Kulit Pisang

##### Ekstraksi Polifenol

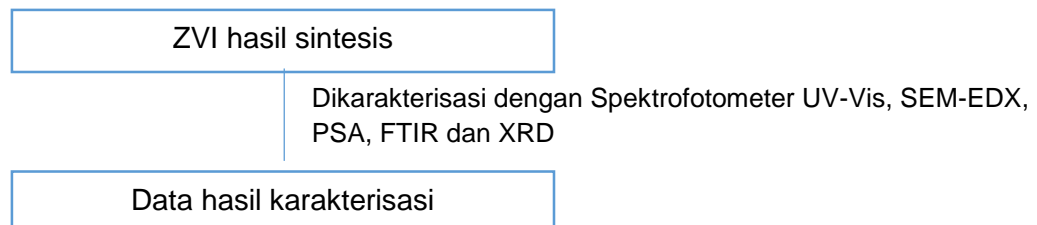




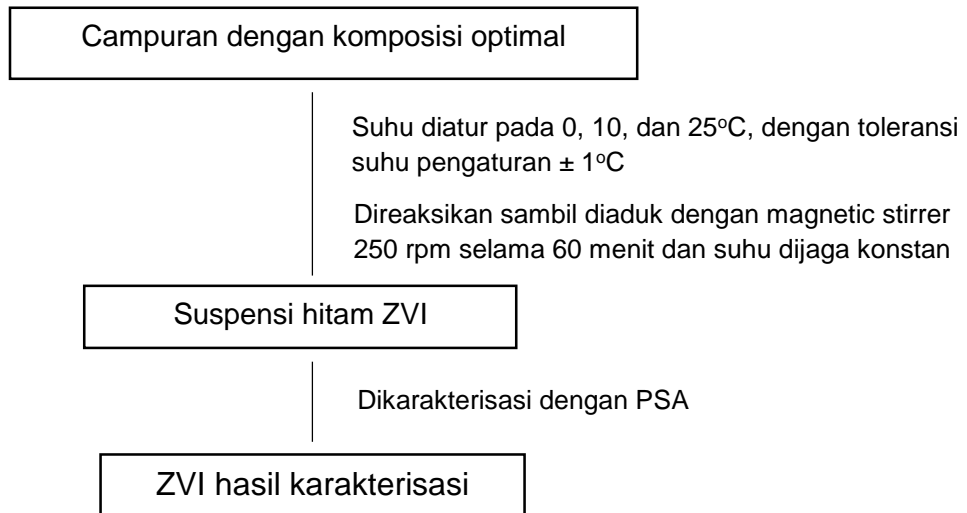
## B. Sintesis ZVI



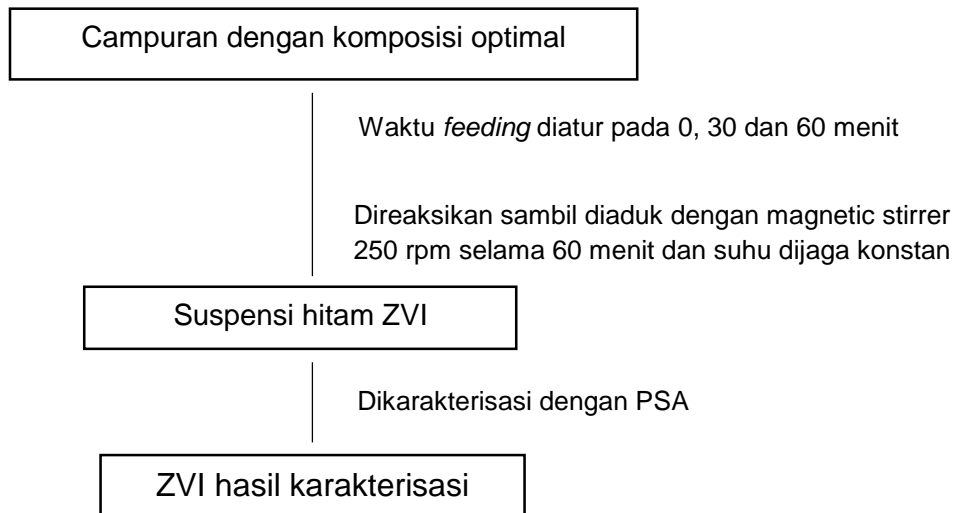
## C. Karakterisasi ZVI



#### D. Pengaruh Suhu dalam Sintesis ZVI

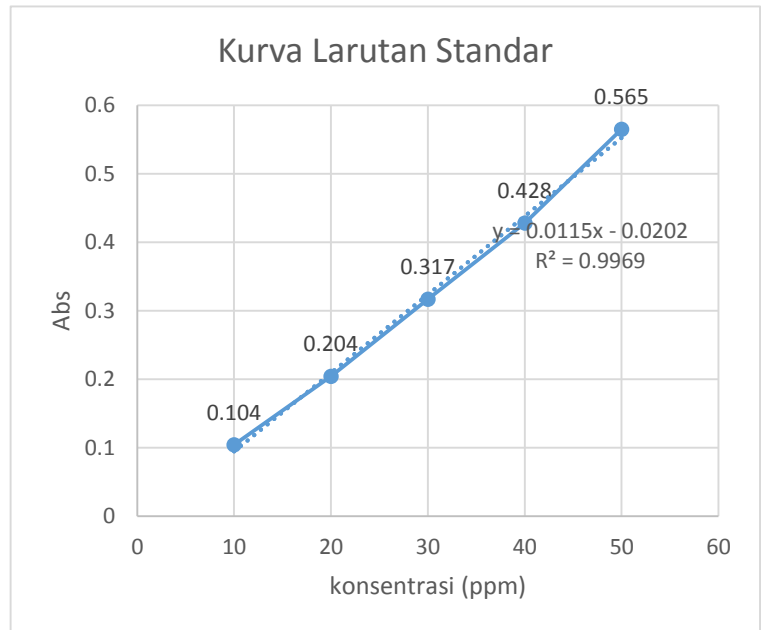


#### E. Pengaruh Waktu *Feeding* dalam Sintesis ZVI



## Lampiran 2. Data-data Analisis UV-Vis


Hasil Spektrofotometri Larutan Standar Fe <sup>2+</sup>	
Konsentrasi	Absorbansi
20	0.202
40	0.411
60	0.475
80	0.637
100	0.867



Perbandingan Komposisi ZVI (Fe:PP)	Waktu Reaksi	
	0 Jam	3 Jam
Perbandingan 1:4	0.689	0.515
	0.704	0.577
	0.777	0.464
Perbandingan 2:3	0.319	0.416
	0.314	0.409
	0.321	0.371
Perbandingan 2,5 : 2,5	0.652	0.313
	0.667	0.307
	0.708	0.307
Perbandingan 3:2	0.688	0.342
	0.68	0.382
	0.697	0.379
Perbandingan 4:1	0.57	0.402
	0.579	0.408
	0.564	0.401

### Lampiran 3. Data-data Analisis PSA

#### A. Pengaruh Suhu Reaksi pada Sintesis ZVI



## NanoQ Report

**Sample**

<b>Name</b>	: Suhu 0oC	<b>Mode:</b>	Acquisition
<b>Measured on</b>	: 22/7/2015 13:28:42	<b>Profil:</b>	Admin
<b>by</b>	: admin		

**Comments from user:**

**SOP**

<b>Name</b> defaultSOP	<b>Operating mode</b> Statistical
------------------------	-----------------------------------

<b>Dispersant / solvent properties</b>	<b>Particles refractive Index</b>
<b>Refractive Index (nd)</b> : 1.33	<b>Real Part</b> : 1.560
<b>Viscosity</b> : 0.891	<b>Imaginary Part</b> : 0.01

<b>Device settings</b>	<b>SOP comment :</b>
<b>Time interval</b> : 10.000µs	Default Procedure
<b>Number of channels</b> : 400	

<b>Analysis mode</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Cumulants <input checked="" type="checkbox"/> Pade-Laplace	<b>Results</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Intensity <input checked="" type="checkbox"/> Volume <input checked="" type="checkbox"/> Number
----------------------	---	----------------	---

**Measure conditions**

<b>Temperature</b> : 25.0°C	<b>Duration</b> : 0h 0min 51s
<b>Acquisitions</b> : 10	<b>Laser power</b> : 50%
<b>Average count rate</b> : 507.31 kcps	<b>DTC position</b> : DOWN
	<b>Wavelength</b> : 657.00

Instrument VASCO S/N: PSA114102

NanoQ: 1.2.1.1

Page 1 of 8

Size (nm)	Intensity	Number	Volume
177.88	0.00	0.00	0.00
186.26	0.00	0.00	0.00
195.04	0.00	0.00	0.00
204.23	0.00	0.00	0.00
213.85	0.00	0.00	0.00
223.93	0.00	0.00	0.00
234.49	0.01	0.01	0.00
245.54	0.01	0.01	0.00
257.11	0.01	0.01	0.00
269.22	0.01	0.02	0.00
281.91	0.02	0.02	0.00
295.20	0.02	0.02	0.00
309.11	0.03	0.02	0.00
323.68	0.04	0.02	0.00
338.93	0.05	0.02	0.00
354.91	0.06	0.03	0.00
371.63	0.08	0.03	0.01
389.15	0.09	0.03	0.01
407.49	0.11	0.04	0.01
426.69	0.13	0.05	0.01
446.80	0.16	0.06	0.02
467.86	0.18	0.05	0.02
489.91	0.21	0.04	0.02
513.00	0.24	0.04	0.02
537.17	0.27	0.03	0.02
562.49	0.30	0.04	0.02
589.00	0.33	0.04	0.03
616.76	0.36	0.04	0.03
645.83	0.38	0.03	0.03
676.26	0.40	0.03	0.03
708.13	0.42	0.03	0.04
741.51	0.44	0.03	0.04
776.45	0.45	0.03	0.05
813.05	0.45	0.02	0.05
851.36	0.45	0.02	0.04
891.49	0.44	0.02	0.04
933.50	0.43	0.02	0.04
977.50	0.41	0.01	0.04
1,023.56	0.39	0.01	0.04
1,071.80	0.37	0.01	0.04
1,122.32	0.34	0.01	0.04
1,175.21	0.31	0.01	0.03
1,230.59	0.28	0.00	0.03
1,288.59	0.25	0.00	0.03
1,349.32	0.23	0.00	0.02
1,412.91	0.20	0.00	0.02
1,479.50	0.17	0.00	0.02
1,549.23	0.15	0.00	0.02
1,622.24	0.12	0.00	0.01
1,698.69	0.10	0.00	0.01
1,778.75	0.08	0.00	0.01
1,862.58	0.07	0.00	0.01
1,950.36	0.06	0.00	0.01
2,042.28	0.04	0.00	0.01
2,138.53	0.03	0.00	0.00
2,239.31	0.03	0.00	0.00
2,344.85	0.02	0.00	0.00
2,455.36	0.02	0.00	0.00
2,571.08	0.01	0.00	0.00
2,692.25	0.01	0.00	0.00
2,819.13	0.01	0.00	0.00



## NanoQ Report

### Sample

**Name** : FeSO<sub>4</sub> .....si 5oC <sup>10</sup>  
**Measured on** : 14/4/2015 14:16:52 **Mode:** Acquisition  
**by** : admin **Profil:** Admin

**Comments from user:**

### SOP

**Name** defaultSOP **Operating mode** Statistical

#### Dispersant / solvent properties

**Refractive Index (nd)** : 1.33  
**Viscosity** : 0.891

#### Particles refractive Index

**Real Part** : 1.560  
**Imaginary Part** : 0.01

#### Device settings

**Time interval** : 5.000µs  
**Number of channels** : 600

SOP comment :  
 Default Procedure

#### Analysis mode

- Cumulants  
 Pade-Laplace

#### Results

- Intensity  
 Volume  
 Number

#### Measure conditions

**Temperature** : 25.0°C **Duration** : 0h 0min 59s  
**Acquisitions** : 10 **Laser power** : 45%  
**Average count rate** : 566.53 kcps **DTC position** : DOWN  
**Wavelength** : 657.00

Size (nm)	intensity	Number	Volume
53.72	0.00	0.04	0.00
56.25	0.00	0.03	0.00
58.90	0.00	0.02	0.00
61.68	0.00	0.02	0.00
64.58	0.00	0.02	0.00
67.63	0.00	0.03	0.00
70.81	0.00	0.02	0.00
74.15	0.00	0.02	0.00
77.65	0.01	0.02	0.00
81.30	0.01	0.02	0.00
85.14	0.01	0.02	0.00
89.15	0.01	0.02	0.00
93.35	0.01	0.02	0.00
97.75	0.02	0.02	0.00
102.36	0.02	0.02	0.00
107.18	0.02	0.02	0.00
112.23	0.03	0.02	0.00
117.52	0.03	0.02	0.00
123.06	0.04	0.02	0.00
128.86	0.05	0.02	0.00
134.93	0.06	0.02	0.00
141.29	0.07	0.01	0.00
147.95	0.08	0.01	0.00
154.92	0.09	0.01	0.00
162.22	0.10	0.01	0.00
169.87	0.12	0.01	0.00
177.88	0.13	0.01	0.00
186.26	0.15	0.01	0.00
195.04	0.17	0.01	0.00
204.23	0.19	0.02	0.00
213.85	0.21	0.02	0.00
223.93	0.23	0.02	0.01
234.49	0.25	0.02	0.01
245.54	0.27	0.02	0.01
257.11	0.30	0.03	0.01
269.22	0.32	0.03	0.01
281.91	0.34	0.03	0.02
295.20	0.37	0.03	0.02
309.11	0.39	0.02	0.02
323.68	0.41	0.02	0.02
338.93	0.44	0.02	0.02
354.91	0.46	0.01	0.02
371.63	0.48	0.01	0.02
389.15	0.50	0.01	0.02
407.49	0.51	0.01	0.02
426.69	0.53	0.02	0.03
446.80	0.54	0.01	0.03
467.86	0.55	0.01	0.03
489.91	0.56	0.01	0.02
513.00	0.57	0.01	0.02
537.17	0.57	0.01	0.02
562.49	0.57	0.01	0.02
589.00	0.57	0.01	0.03
616.76	0.57	0.00	0.03
645.83	0.56	0.00	0.02
676.26	0.55	0.00	0.02
708.13	0.54	0.00	0.02
741.51	0.53	0.00	0.03
776.45	0.51	0.00	0.03
813.05	0.50	0.00	0.03
851.36	0.48	0.00	0.02

891.49	0.46	0.00	0.02
933.50	0.44	0.00	0.02
977.50	0.42	0.00	0.02
1,023.56	0.39	0.00	0.02
1,071.80	0.37	0.00	0.02
1,122.32	0.35	0.00	0.02
1,175.21	0.33	0.00	0.02
1,230.59	0.30	0.00	0.02
1,288.59	0.28	0.00	0.01
1,349.32	0.26	0.00	0.01
1,412.91	0.24	0.00	0.01
1,479.50	0.22	0.00	0.01
1,549.23	0.20	0.00	0.01
1,622.24	0.18	0.00	0.01
1,698.69	0.16	0.00	0.01
1,778.75	0.15	0.00	0.01
1,862.58	0.13	0.00	0.01
1,950.36	0.12	0.00	0.01
2,042.28	0.10	0.00	0.01
2,138.53	0.09	0.00	0.01
2,239.31	0.08	0.00	0.01
2,344.85	0.07	0.00	0.01
2,455.36	0.06	0.00	0.00
2,571.08	0.05	0.00	0.00
2,692.25	0.05	0.00	0.00
2,819.13	0.04	0.00	0.00
2,951.99	0.04	0.00	0.00
3,091.11	0.03	0.00	0.00
3,236.79	0.03	0.00	0.01
3,389.34	0.02	0.00	0.00
3,549.07	0.02	0.00	0.00
3,716.34	0.02	0.00	0.00
3,891.48	0.01	0.00	0.00
4,074.88	0.01	0.00	0.00
4,266.93	0.01	0.00	0.00
4,468.02	0.01	0.00	0.00
4,678.59	0.01	0.00	0.00
4,899.09	0.01	0.00	0.00
5,129.97	0.00	0.00	0.00
5,371.74	0.00	0.00	0.00
5,624.90	0.00	0.00	0.00
5,890.00	0.00	0.00	0.00
6,167.58	0.00	0.00	0.00
6,458.25	0.00	0.00	0.00
6,762.62	0.00	0.00	0.00
7,081.33	0.00	0.00	0.00
7,415.07	0.00	0.00	0.00
7,764.53	0.00	0.00	0.00

## B. Pengaruh Waktu *Feeding*



# NanoQ Report

### Sample

**Name** : FeSO4 penetesan  
**Measured on** : 2/4/2015 14:48:07 **Mode:** Acquisition  
**by** : admin **Profil:** Admin

**Comments from user:**

### SOP

**Name** defaultSOP **Operating mode** Statistical

#### Dispersant / solvent properties

**Refractive Index (nd)** : 1.33  
**Viscosity** : 0.891

#### Particles refractive Index

**Real Part** : 1.560  
**Imaginary Part** : 0.01

#### Device settings

**Time interval** : 5.000µs  
**Number of channels** : 600

**SOP comment :**  
Default Procedure

#### Analysis mode

- Cumulants
- Pade-Laplace

#### Results

- Intensity
- Volume
- Number

#### Measure conditions

**Temperature** : 25.0°C  
**Acquisitions** : 3  
**Average count rate** : 2 394.21 kcps

**Duration** : 0h 0min 14s  
**Laser power** : 50%  
**DTC position** : DOWN  
**Wavelength** : 657.00

Size (nm)	Intensity	Number	Volume
169.87	0.00	0.00	0.00
177.88	0.00	0.00	0.00
186.26	0.00	0.00	0.00
195.04	0.00	0.00	0.00
204.23	0.01	0.00	0.00
213.85	0.01	0.00	0.00
223.93	0.01	0.00	0.00
234.49	0.02	0.01	0.00
245.54	0.03	0.01	0.00
257.11	0.05	0.02	0.00
269.22	0.07	0.03	0.00
281.91	0.09	0.03	0.01
295.20	0.13	0.04	0.01
309.11	0.17	0.04	0.01
323.68	0.22	0.04	0.01
338.93	0.28	0.04	0.02
354.91	0.35	0.04	0.02
371.83	0.42	0.05	0.02
389.15	0.50	0.05	0.03
407.49	0.58	0.06	0.04
426.69	0.66	0.07	0.05
446.80	0.73	0.08	0.07
467.86	0.79	0.07	0.06
489.91	0.83	0.05	0.06
513.00	0.86	0.04	0.05
537.17	0.87	0.03	0.05
562.49	0.86	0.03	0.05
589.00	0.83	0.03	0.06
616.76	0.79	0.03	0.06
645.83	0.73	0.02	0.05
676.26	0.66	0.01	0.04
708.13	0.58	0.01	0.04
741.51	0.50	0.01	0.04
776.45	0.43	0.01	0.04
813.05	0.35	0.01	0.03
851.36	0.28	0.00	0.02
891.49	0.22	0.00	0.02
933.50	0.17	0.00	0.01
977.50	0.13	0.00	0.01
1,023.56	0.10	0.00	0.01
1,071.80	0.07	0.00	0.01
1,122.32	0.05	0.00	0.00
1,175.21	0.03	0.00	0.00
1,230.59	0.02	0.00	0.00
1,288.59	0.02	0.00	0.00
1,349.32	0.01	0.00	0.00
1,412.91	0.01	0.00	0.00
1,479.50	0.00	0.00	0.00
1,549.23	0.00	0.00	0.00
1,622.24	0.00	0.00	0.00
1,698.69	0.00	0.00	0.00



# NanoQ Report

## Sample

Name : Waktu Penetesan 1jam  
Measured on : 22/7/2015 13:34:26 Mode: Acquisition  
by : admin Profil: Admin

Comments from user:

## SOP

Name defaultSOP Operating mode Statistical

### Dispersant / solvent properties

Refractive Index (nd) : 1.33  
Viscosity : 0.891

### Particles refractive Index

Real Part : 1.560  
Imaginary Part : 0.01

### Device settings

Time interval : 10.000µs  
Number of channels : 1,000

SOP comment :  
Default Procedure

### Analysis mode

- Cumulants
- Pade-Laplace

### Results

- Intensity
- Volume
- Number

## Measure conditions

Temperature : 25.0°C  
Acquisitions : 6  
Average count rate : 1 472.32 kcps

Duration : 0h 1min 45s  
Laser power : 64%  
DTC position : UP  
Wavelength : 657.00

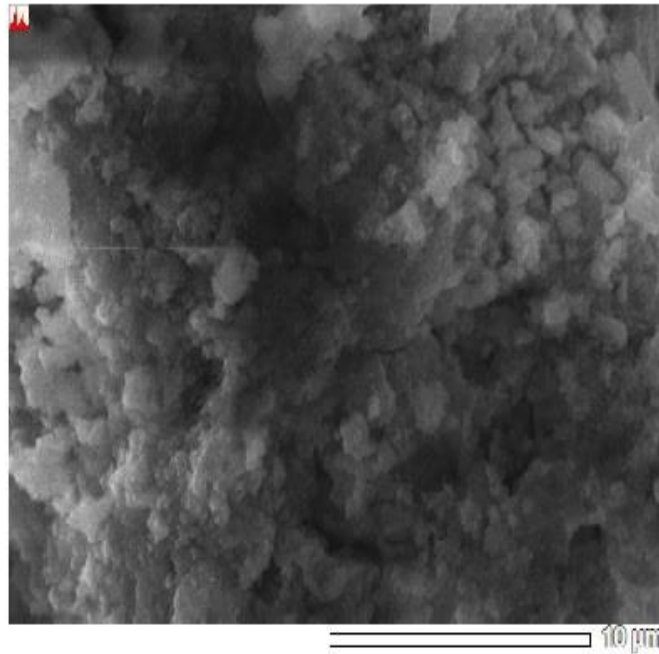
Size (nm)	Intensity	Number	Volume
141.29	0.00	0.01	0.00
147.95	0.00	0.00	0.00
154.92	0.00	0.00	0.00
162.22	0.00	0.00	0.00
169.87	0.00	0.01	0.00
177.88	0.00	0.01	0.00
186.26	0.00	0.00	0.00
195.04	0.00	0.01	0.00
204.23	0.00	0.01	0.00
213.85	0.01	0.01	0.00
223.93	0.01	0.01	0.00
234.49	0.01	0.01	0.00
245.54	0.01	0.02	0.00
257.11	0.01	0.03	0.00
269.22	0.01	0.03	0.00
281.91	0.02	0.03	0.00
295.20	0.02	0.04	0.00
309.11	0.02	0.03	0.00
323.68	0.03	0.03	0.00
338.93	0.03	0.03	0.00
354.91	0.03	0.03	0.00
371.63	0.04	0.03	0.00
389.15	0.04	0.03	0.00
407.49	0.05	0.03	0.00
426.69	0.06	0.04	0.00
446.80	0.06	0.04	0.00
467.86	0.07	0.04	0.00
489.91	0.08	0.03	0.00
513.00	0.09	0.03	0.00
537.17	0.10	0.02	0.00
562.49	0.11	0.02	0.00
589.00	0.12	0.03	0.00
616.75	0.13	0.03	0.01
645.83	0.14	0.02	0.01
676.26	0.15	0.02	0.01
708.13	0.16	0.02	0.01
741.51	0.17	0.02	0.01
776.45	0.18	0.02	0.01
813.05	0.19	0.02	0.01
851.36	0.19	0.01	0.01
891.49	0.20	0.01	0.01
933.50	0.21	0.01	0.01
977.50	0.22	0.01	0.01
1,023.56	0.23	0.01	0.01
1,071.80	0.23	0.01	0.01
1,122.32	0.24	0.01	0.01
1,175.21	0.24	0.01	0.01
1,230.69	0.25	0.01	0.01
1,288.69	0.25	0.01	0.01
1,349.32	0.25	0.01	0.01
1,412.91	0.25	0.01	0.01
1,479.50	0.25	0.00	0.01
1,549.23	0.25	0.00	0.01
1,622.24	0.25	0.00	0.01
1,698.69	0.25	0.00	0.01
1,778.75	0.24	0.00	0.01
1,862.58	0.24	0.00	0.01
1,950.36	0.23	0.00	0.01
2,042.26	0.23	0.00	0.01
2,138.53	0.22	0.00	0.01
2,239.31	0.21	0.00	0.01

2,344.85	0.20	0.00	0.01
2,455.36	0.19	0.00	0.01
2,571.08	0.19	0.00	0.01
2,692.25	0.18	0.00	0.02
2,819.13	0.17	0.00	0.02
2,951.99	0.16	0.00	0.01
3,091.11	0.15	0.00	0.01
3,236.79	0.14	0.00	0.02
3,389.34	0.13	0.00	0.02
3,549.07	0.12	0.00	0.02
3,716.34	0.11	0.00	0.02
3,891.48	0.10	0.00	0.02
4,074.88	0.09	0.00	0.02
4,266.93	0.09	0.00	0.02
4,468.02	0.08	0.00	0.02
4,678.59	0.07	0.00	0.02
4,899.09	0.06	0.00	0.02
5,129.97	0.06	0.00	0.02
5,371.74	0.05	0.00	0.02
5,624.90	0.05	0.00	0.03
5,890.00	0.04	0.00	0.03
6,167.58	0.04	0.00	0.04
6,458.25	0.03	0.00	0.04
6,762.62	0.03	0.00	0.04
7,081.33	0.03	0.00	0.02
7,415.07	0.02	0.00	0.03
7,764.53	0.02	0.00	0.02
8,130.46	0.02	0.00	0.02
8,513.64	0.02	0.00	0.02
8,914.87	0.01	0.00	0.02
9,335.02	0.01	0.00	0.01
9,774.96	0.01	0.00	0.02

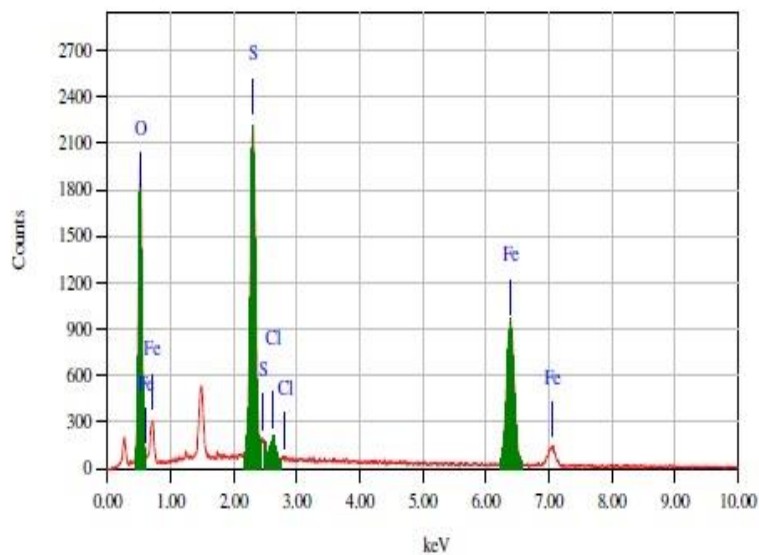
## Lampiran 4. Hasil Analisis SEM – EDX

NZVI

1/1



Title	: IMG1
Instrument	: 6510(LA)
Volt	: 20.00 kV
Mag.	: x 5,000
Date	: 2015/07/23
Pixel	: 512 x 384



Acquisition Parameter	
Instrument	: 6510(LA)
Acc. Voltage	: 20.0 kV
Probe Current	: 1.00000 nA
PHA mode	: T2
Real Time	: 32.58 sec
Live Time	: 27.61 sec
Dead Time	: 15 %
Counting Rate	: 2937 cps
Energy Range	: 0 - 20 keV

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis

Fitting Coefficient : 0.2994

Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
O K	0.525	55.56	0.28	77.17				62.5003
S K	2.307	16.49	0.10	11.43				14.8707
Cl K	2.621	1.25	0.14	0.79				0.9998
Fe K	6.398	26.69	0.37	10.62				21.6291
Total		100.00		100.00				

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



**Affif Aminullah Afiansyah** lahir di Bekasi pada tanggal 14 Desember 1993. Penulis merupakan putra dari pasangan Ajis Sofwan dan Titin dan merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Saat ini penulis bertempat tinggal di Rawa Bogo, Jalan Wilis No. 69, Kelurahan Jatimekar, Kecamatan Jatiasih, Bekasi Selatan 17422.

**Riwayat Pendidikan:** Penulis menyelesaikan pendidikan formal di SD Negeri Jatimekar VII (1999–2005), SMP Negeri 6 Bekasi (2005–2008), SMA Negeri 5 Bekasi (2008–2011), dan berkuliah sebagai mahasiswa Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta melalui jalur SNMPTN Undangan pada tahun 2011 dan menerima beasiswa full 4 tahun dari Beasiswa Bidik Misi.

**Pengalaman Organisasi:** Penulis aktif dalam kegiatan pramuka saat duduk di bangku SD, menjadi Ketua OSIS saat SMP serta aktif dalam ekstrakurikuler ROHIS, menjadi Ketua PASKIBRA dan aktif dalam organisasi KARANG TARUNA saat SMA. Selama kuliah, penulis menjadi staff Departemen Pengembangan Profesi Keilmiah dan Akademik (P2KA) Badan Eksekutif Mahasiswa Jurusan Kimia pada periode 2012/2013 dan 2013/2014, staff Departemen Sains dan Pendidikan (DSP) Badan Eksekutif Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam periode 2014/2015 dan ikut serta dalam beberapa organisasi luar kampus seperti Komunitas Muda Nuklir Nasional (KOMMUN) periode 2013/2014 dan Nusantara Young Leaders (NYL) periode 2015/2016.