



SKRIPSI-SK141501

**SINTESIS $Zn(OH)_2$ NANOPARTIKEL DENGAN METODE
ELEKTROKIMIA**

**BAHRUL ULUM
NRP. 012113400056**

Dosen Pembimbing I
Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si

Dosen Pembimbing II
Dra. Ita Ulfin, M.Si.

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS ILMU ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



SCRIPT-SK141501

**SYNTHESIS OF $Zn(OH)_2$ NANOPARTICLE USING
ELECTROCHEMICAL METHOD**

**BAHRUL ULUM
NRP. 0121134000056**

Advisor Lecture I
Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si.

Advisor Lecture II
Dra. Ita Ulin, M.Si.

**CHEMISTRY DEPARTMENT
FACULTY OF SCIENCES
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

**SINTESIS $Zn(OH)_2$ NANOPARTIKEL DENGAN METODE
ELEKTROKIMIA**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Pada
Program Studi S-1 Departemen Kimia
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh:

BAHRUL ULUM
NRP. 0121134000056

Surabaya, 9 Januari 2018

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS ILMU ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

SINTESIS $Zn(OH)_2$ NANOPARTIKEL DENGAN METODE ELEKTROKIMIA

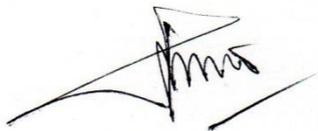
SKRIPSI

Disusun Oleh:

BAHRUL ULUM
NRP. 0121134000056

Surabaya, 9 Januari 2018
Menyetujui,

Pembimbing 1



Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si.
NIP. 19740428 199802 1 001

Pembimbing 2



Dra. Ita Ulfin, M.Si
NIP. 19650426 198903 2 002



Mengetahui,
Kepala Departemen Kimia,

Prof. Dr. Didik Prasetyoko, M.Sc.
NIP. 19710618 199703 1 002

SINTESIS Zn(OH)₂ NANOPARTIKEL METODE ELEKTROKIMIA

Nama : Bahrul Ulum
NRP : 01211340000056
Departemen : Kimia
Dosen Pembimbing I : Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si.
Dosen Pembimbing II : Dra. Ita Ulfin, M.Si.

Abstrak

Zn(OH)₂ nanopartikel telah disintesis melalui metode elektrokimia. Logam seng (Zn) digunakan sebagai anoda dan katoda. Pengaruh potensial, konsentrasi dan waktu elektrolisis pada pembentukan Zn(OH)₂ nanopartikel diamati. Produk nanopartikel dikarakterisasi dengan XRD, Zeta Sizer, TEM dan spektrofotometer UV-Vis. Difraktogram menunjukkan bahwa nanopartikel yang diperoleh sesuai dengan pola difraksi standar dari Zn(OH)₂, nanopartikel yang dihasilkan memiliki struktur *orthorhombic*. Nilai Absorbansi tertinggi dari analisa UV-Vis diperoleh pada $\lambda = 229$ nm dengan potensial 20 V dalam natrium sitrat 0,04 M selama 20 menit. Nilai absorbansi tertinggi mengindikasikan bahwa Zn(OH)₂ nanopartikel terbentuk paling banyak pada kondisi tersebut. Karakterisasi menggunakan Zeta Sizer menunjukkan bahwa Zn(OH)₂ nanopartikel memiliki distribusi ukuran dari 37 sampai 255 nm dengan volume tertinggi 96,296 nm. Zn(OH)₂ nanopartikel yang diperoleh dari metode ini memiliki bentuk *spherical* (bulat).

Kata kunci: Elektrokimia, Nanopartikel, Seng, Zn(OH)₂, Natrium Sitrat.

SYNTHESIS OF Zn(OH)₂ NANOPARTICLE USING ELEKTROCHEMICAL METHOD

Name : Bahrul Ulum
NRP : 01211340000056
Department : Chemistry
Advisor Lecture I : Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si.
Advisor Lecture II : Dra. Ita Ulfin, M.Si.

Abstract

Zn(OH)₂ nanoparticles have been synthesized using electrochemical method. Zinc metals were used as anode and cathode. The effects of potential, concentration and time of the electrolysis on the formation of Zn(OH)₂ nanoparticles were observed. Nanoparticles product was characterized using XRD, PSA, TEM and UV-Vis spectrophotometer. The diffractogram shows that the nanoparticles obtained is in a good agreement with standard diffraction pattern of Zn(OH)₂, identified as orthorhombic structure. Highest absorbance value of UV-Vis analysis was obtained at about $\lambda = 229$ nm with potential applied 20 V in 0.04 M sodium citrate for 20 minutes. Highest absorbance value indicate Zn(OH)₂ nanoparticles formed the most in this conditon. The characterization using Zeta Sizer shows that the Zn(OH)₂ nanoparticles have a size distribution from 37 to 255 nm with the highest volume at 96.296 nm. Zn(OH)₂ nanoparticles have spherical form were obtained by this method.

Keywords: Electrochemical, nanoparticles, zinc, Zn(OH)₂, sodium citrate.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga naskah Skripsi yang berjudul **“SINTESIS $Zn(OH)_2$ NANOPARTIKEL DENGAN METODE ELEKTROKIMIA”** dapat diselesaikan dengan baik.

Tulisan ini tidak akan terwujud dengan baik tanpa bantuan dan dukungan dari semua pihak. Untuk itu penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Bapak dan Ibu yang selalu memberikan semangat, motivasi, dukungan dan doanya selama ini.
2. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama proses penyusunan naskah Skripsi ini.
3. Dra. Ita Ulfin, M.Si., selaku dosen pembimbing dan Kepala Laboratorium Instrumentasi dan Sains Analitik yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan.
4. Prof. Didik Prasetyoko, selaku Ketua Jurusan Kimia atas fasilitas yang telah diberikan hingga naskah Skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Dra. Harmami, MS., selaku dosen wali atas bimbingan dan saran selama kuliah S-1 di jurusan Kimia ITS.
6. Rekan satu tim penelitian Silmi Diah Anggraeni atas kerjasamanya selama ini sehingga Skripsi ini terselesaikan.
7. Keluarga seperjuangan C31, tim Chemistry Futsal Club, tim Carbon, Ahyudia Malisa Ilham dan teman-teman Laboratorium Instrumentasi dan Sains Analitik yang membantu dan memberikan semangat dalam pengerjaan Skripsi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan naskah Skripsi ini tidak lepas dari kekurangan. Oleh karena itu, penulis terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun untuk dapat meningkatkan kualitas dan perbaikan lebih lanjut. Semoga Skripsi

ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca, serta memberikan manfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan.

Surabaya, 9 Desember 2018

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
Abstrak	v
Abstract	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Sel Elektrolisis.....	5
2.2. Nanopartikel	6
2.3. Sifat Bahan	7
2.3.1. Zn	7
2.3.2. Natrium Sitrat.....	8
2.4. Karakterisasi	9
2.4.1. UV-Vis.....	9
2.4.2. X-Ray Difrraction (XRD)	15
2.4.3. Zeta Sizer	18
2.4.4. <i>Transmission Electron Microscope</i> (TEM)	20
2.5. <i>Analysis of Variance (ANOVA)</i> dan <i>Uji Least Significance Difference (LSD)</i>	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1. Alat dan Bahan	25
3.1.1. Alat.....	25

3.1.2. Bahan	25
3.2. Prosedur Penelitian	25
3.2.1. Preparasi Elektroda Zn.....	25
3.2.2. Pembuatan Larutan Natrium Sitrat.....	25
3.2.3. Sintesis Zn(OH) ₂ Nanopartikel	26
3.2.4. Karakterisasi Zn(OH) ₂ Nanopartikel.....	28
3.2.5. Uji ANOVA (<i>Analysist of Variance</i>) dan Uji LSD (<i>Least Significance Difference</i>).....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1. Sintesis dan Pembentukan Zn(OH) ₂ Nanopartikel	31
4.2. Hasil Analisa XRD	31
4.3. Sintesis dan Karakterisasi Zn(OH) ₂ Nanopartikel	32
4.3.1. Pengaruh Potensial	32
4.3.2. Pengaruh Konsentrasi	34
4.3.3. Pengaruh Waktu Elektrolisis.....	37
4.4. Hasil Analisa Zeta Sizer	40
4.5. Hasil Analisa <i>Tranmission Electron Microscopy</i> (TEM)	41
4.6. Hasil Uji ANOVA (<i>Analysist of Variance</i>) dan Uji LSD (<i>Least Significance Difference</i>)	41
4.6.1. Variasi Potensial	42
4.6.2. Variasi Konsentrasi Natrium Sitrat	47
4.6.3. Variasi Waktu Elektrolisis	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1. Kesimpulan.....	57
5.2. Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....	59
LAMPIRAN	65
LAMPIRAN A : SKEMA KERJA.....	65
LAMPIRAN B : DATA ABSORBANSI.....	67
LAMPIRAN C : MASSA LOGAM Zn YANG TERLARUT	69
BIODATA PENULIS.....	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Logam Seng.....	8
Gambar 2. 2 Massa Rata-Rata Logam Emas yang Terlarut dalam Koloid Emas Nanopartikel yang disintesis dengan berbagai Konsentrasi Na-Sitrat.....	9
Gambar 2. 3 Skema Kerja Spektrofotometer UV-Vis.....	10
Gambar 2. 4 Spektra UV-Vis Koloid Emas Nanopartikel pada variasi konsentrasi.....	12
Gambar 2. 5 Spektra UV-Vis Koloid Emas Nanopartikel pada variasi potensial.	13
Gambar 2. 6 Spektra UV-Vis Koloid SnO ₂ Nanopartikel pada variasi potensial.	14
Gambar 2. 7 Spektra UV-Vis Koloid SnO ₂ Nanopartikel pada variasi konsentrasi.....	15
Gambar 2. 8 Difraktogram XRD (merah) standar Ni(OH) ₂ , (hitam) Ni(OH) ₂ yang disintesis dengan Metode Elektrokimia.	16
Gambar 2. 9 Difraktogram XRD (a) SnO ₂ Standar (b) SnO ₂ yang disintesis dengan Metode Elektrokimia.	17
Gambar 2. 10 Ilustrasi pengukuran Zeta Sizer.	18
Gambar 2. 11 Distribusi Ukuran SnO ₂ Nanopartikel.	19
Gambar 2. 12 Hasil TEM dari Ni(OH) ₂ nanopartikel yang diperoleh dari proses elektrolisis natrium sitrat 0,3 M pada potensial 50 V selama 30 menit.	22

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1	Tabel Massa Rata-Rata Logam Seng (Zn) yang Terlarut dalam Koloid Zn(OH) ₂ Nanopartikel yang disintesis dengan Natrium Sitrat 0,02 M.....	33
Tabel 4. 2	Massa Rata-Rata Logam Seng (Zn) yang Terlarut dalam Koloid Zn(OH) ₂ nanopartikel yang disintesis dengan Konsentrasi Natrium Sitrat 0,01-0,06 M pada Potensial 20 V.....	36
Tabel 4. 3	Tabel Massa Rata-Rata logam seng (Zn) yang terlarut dalam koloid Zn(OH) ₂ nanopartikel yang disintesis menggunakan variasi waktu sintesis 5-30 menit dengan konsentrasi natrium sitrat 0,04 M pada potensial 20 V.	38
Tabel 4. 4	Hasil Analisa instrumen Zeta Sizer saat elektrolisis dengan Konsentrasi Natrium Sitrat 0,04 M pada potensial 20 V dengan waktu elektrolisis 20 menit.....	40
Tabel 4. 5	Data nilai λ_{maks} Hasil Pengukuran UV-Vis Koloid Zn(OH) ₂ Nanopartikel Variasi Potensial yang disintesis dengan Natrium Sitrat 0,02 M.....	42
Tabel 4. 6	Uji ANOVA λ_{maks} spektra UV-Vis setiap sampel pada variasi potensial.....	43
Tabel 4. 7	Selisih rata-rata λ_{maks} nanopartikel variasi potensial.	44
Tabel 4. 8	Rekapitulasi hasil uji LSD λ_{maks} spektra UV-Vis setiap sampel pada variasi potensial.....	46
Tabel 4. 9	Data nilai λ_{maks} Hasil Pengukuran UV-Vis Koloid Zn(OH) ₂ Nanopartikel Variasi Konsentrasi Natrium Sitrat yang disintesis pada potensial 20 V.....	48
Tabel 4. 10	Tabel Uji ANOVA λ_{maks} spektra UV-Vis setiap sampel pada variasi konsentrasi natrium sitrat.	48
Tabel 4. 11	Selisih rata-rata λ_{maks} nanopartikel variasi konsentrasi elektrolit.	50

Tabel 4. 12 Rekapitulasi hasil uji LSD λ_{maks} spektra UV-Vis setiap sampel pada variasi konsentrasi natrium sitrat.	51
Tabel 4. 13 Data nilai λ_{maks} Hasil Pengukuran UV-Vis Koloid Zn(OH) ₂ Nanopartikel yang disintesis menggunakan Natrium Sitrat 0,04 M pada Potensial 20 V dengan Variasi Waktu Elektrolisis 5-30 menit.	52
Tabel 4. 14 Tabel Uji ANOVA λ_{maks} spektra UV-Vis setiap sampel pada variasi waktu elektrolisis.	52
Tabel 4. 15 Selisih rata-rata λ_{maks} nanopartikel variasi waktu elektrolisis	54
Tabel 4. 16 Rekapitulasi hasil uji LSD λ_{maks} spektra UV-Vis setiap sampel pada variasi waktu elektrolisis.	55
Tabel B. 1 Data Absorbansi Koloid Zn(OH) ₂ Nanopartikel Variasi Potensial	67
Tabel B. 2 Data Absorbansi Koloid Zn(OH) ₂ Nanopartikel Variasi Konsentrasi	67
Tabel B. 3 Data Absorbansi Koloid Zn(OH) ₂ Nanopartikel Variasi Waktu Elektrolisis.	68
Tabel C. 1 Massa Logam Zn yang Terlarut Koloid Zn(OH) ₂ Nanopartikel Variasi Potensial	69
Tabel C. 2 Massa Logam Zn yang Terlarut Koloid Zn(OH) ₂ Nanopartikel Variasi Konsentrasi.	69
Tabel C. 3 Massa Logam Zn yang Terlarut Koloid Zn(OH) ₂ Nanopartikel Variasi Waktu Elektrolisis.....	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A : Skema Kerja.....	73
Lampiran B : Data Absorbansi.....	76
Lampiran C : Massa Logam Zn yang Terlarut.....	77

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Nanopartikel memiliki berbagai macam peran yang penting untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi bagi kesejahteraan hidup manusia. Nanopartikel dapat berupa logam, keramik, bahan polimer maupun bahan komposit. Karakteristik nanopartikel yaitu memiliki ukuran yang sangat kecil sekitar 1-100 nm. Ukuran yang kecil tersebut, membuat nanopartikel memiliki luas permukaan dan volume yang lebih besar jika dibandingkan dengan partikel sejenis dalam ukuran besar. Hal ini membuat nanopartikel menjadi lebih reaktif. Reaktivitas ditentukan oleh atom-atom di permukaan, karena atom-atom tersebut yang bersentuhan langsung dengan material lain (Mikrajuddin dkk., 2008).

Nanopartikel telah banyak diaplikasikan diberbagai bidang, salah satunya adalah Zn nanopartikel. Zn nanopartikel terdapat dalam beberapa senyawa seperti ZnO, ZnO₂ dan Zn(OH)₂. Zn(OH)₂ digunakan sebagai prekursor dalam pembuatan senyawa seng lainnya (Patnaik., 2003) dan aplikasi medis lain (Ghotbi., 2009). Zn(OH)₂ atau disebut seng hidroksida dapat didekomposisi menjadi ZnO dan air pada suhu sekitar 125 °C (Ghotbi., 2009). Seng hidroksida memiliki struktur kisi yang berbeda seperti tetrahedral, heksagonal dan *orthorhombic*. Material ini juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan absorben (Patnaik., 2003). Bahan ini masih jarang dipelajari berdasarkan literatur terbuka (Hussein dkk., 2009).

Produk Zn(OH)₂ nanopartikel yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan XRD, Zeta Sizer, TEM dan Spektrofotometer UV-Vis.

1.2. Rumusan Masalah

Sintesis Zn(OH)_2 nanopartikel menggunakan proses elektrolisis dengan logam Zn dan larutan elektrolit natrium sitrat memiliki beberapa kelebihan. Kelebihan itu diantaranya yaitu ukuran nanopartikel yang dihasilkan dapat dikontrol, tidak memerlukan waktu lama dalam sintesis dan kesederhanaan operasional.

1.3. Tujuan

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk menghasilkan Zn(OH)_2 nanopartikel dengan metode elektrokimia dan karakterisasi produk nanopartikel yang dihasilkan.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi ilmiah mengenai sintesis Zn(OH)_2 nanopartikel dengan metode elektrokima.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sel Elektrolisis

Sel elektrolisis merupakan sel yang menggunakan bantuan arus listrik untuk dapat melakukan reaksi kimia, reaksi pada sel elektrolisis ini tidak berlangsung spontan namun melalui perbedaan potensial yang dipicu dari luar sistem. Pada sel elektrolisis, anoda bertindak sebagai elektroda positif dan katoda sebagai elektroda negatif. Contoh penggunaan sel elektrolisis antara lain:

1. Elektrosintesis adalah penggunaan sel elektrolisis yang digunakan untuk sintesis senyawa organik maupun anorganik. Senyawa organik yang dapat dibuat dengan cara ini antara lain asam asetat, tetra alkil plumbum dan adiponitril; sedangkan senyawa anorganik antara lain Al, Ti, MnO₂, Na dan Cl₂⁻.
2. Elektroanalisis merupakan aplikasi sel elektrolisis untuk analisis pada reaksi kimia seperti voltametri, potensiometri, polarografi, voltametri siklik, *linear sweep voltammetry (LSV)*, *normal pulse voltammetry (NPV)*, *differential pulse voltammetry (DPV)*, *differential normal pulse voltammetry (DNPV)*, *square wave voltammetry (SWV)*, *anodic stripping voltammetry (ASV)*, *cathodic stripping voltammetry (CSV)* dan *adsorptive stripping voltammetry (AdSV)*.
3. Elektrodeposisi merupakan pengendapan logam pada permukaan yang sering dimanfaatkan dalam proses pembuatan nanoteknologi, perhiasan, pencegahan korosi dan *electroplating*.
4. Elektrodegradasi merupakan teknik pengolahan limbah organik ataupun anorganik yang menggunakan prinsip elektrolisis. Dengan cara ini, limbah organik akan

menghasilkan air dan gas CO₂, sedangkan limbah anorganik seperti logam-logam akan mengendap pada elektroda. Elektroda kemudian dicuci dengan asam kuat untuk memisahkan dengan logam yang terendap, lalu diendapkan kembali sebagai logam murni.

Sel elektrolisis menggunakan dua jenis elektroda, yaitu elektroda inert dan elektroda tidak inert. Elektroda inert merupakan elektroda yang tidak ikut bereaksi, baik pada saat bertindak sebagai anoda maupun katoda, sehingga yang mengalami reaksi redoks adalah elektrolit sebagai zat terlarut dan atau air sebagai zat pelarut; contohnya adalah karbon, emas, dan platina. Elektroda tidak inert atau biasa disebut elektroda aktif adalah elektroda yang ikut bereaksi, terutama jika bertindak sebagai anoda dan mengalami oksidasi; contohnya adalah Zn, Fe, Al, dan Cu (Riyanto, 2013).

2.2. Nanopartikel

Nanopartikel adalah partikel berukuran 1-100 nm. Nanopartikel memiliki beberapa bentuk, yaitu *nanospheres*, *nanorods*, dan *nanocups*. Nanopartikel memiliki sifat yang berbeda dengan material berukuran besar (*bulk*). Sifat yang berbeda pada nanopartikel biasanya berkaitan dengan fenomena kuantum sebagai akibat keterbatasan ruang gerak elektron dan pembawa muatan lainnya dalam partikel. Fenomena ini berimbas pada beberapa sifat material seperti perubahan warna yang dipancarkan, transparansi, kekuatan mekanik, konduktivitas listrik dan magnetisasi. Fenomena lainnya yaitu perubahan rasio jumlah atom yang menempati permukaan, terhadap jumlah total atom. Fenomena ini berimbas pada perubahan titik didih, titik beku dan reaktivitas kimia. Perubahan-perubahan tersebut diharapkan dapat menjadi keunggulan nanopartikel dibandingkan dengan partikel sejenis dalam ukuran *bulk* (Mikrajuddin dkk., 2008).

Berbagai metode sintesis nanopartikel telah digunakan dan dikembangkan. Secara umum nanopartikel disintesis dengan dua metode, yaitu *top down* dan *bottom up*. Contoh dari metode *top down* yaitu *ball milling*, *lithography*, *gas condensation* dan *Severe plastic deformation*. Sedangkan *chemical vapour deposition (CVD)*, *physical vapour deposition (PVD)*, *soft lithograph*, sol-gel dan *co-precipitation* merupakan contoh dari metode *Bottom up*.

Bentuk dan ukuran nanopartikel sangat berpengaruh terhadap aplikasi dan kegunaannya. Karakteristik diperlukan untuk mengetahui bentuk, ukuran dan jenis nanopartikel. Karakterisasi nanopartikel umumnya dilakukan dengan teknik *electron microscopy* (TEM, SEM), *atomic force microscopy* (AFM), *dynamic light scattering* (DLS), *X-ray photoelectron spectroscopy* (XPS), *X-ray diffraction* (XRD), *fourier transform infrared spectroscopy* (FTIR), dan *spectrophotometer ultraviolet-visible* (UV-Vis).

Berbagai aplikasi dari material skala nanometer telah berhasil dikembangkan dalam berbagai bidang, seperti bidang elektronik, energi, katalis, sensor, baterai dengan kualitas yang lebih baik, kedokteran, farmasi, lingkungan dan sebagainya (Taton, 2002).

2.3. Sifat Bahan

2.3.1. Zn

Seng (Zn) merupakan logam putih mengkilap namun mudah ternoda yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Seng merupakan unsur golongan II B dalam tabel periodik dengan nomor atom 30. Berat atom relatif dari seng adalah 65,38 gr/mol. Seng mempunyai kelimpahan relatif rendah secara alamiah (dengan keberadaan sebesar 10^{-6} dari kerak bumi), namun telah lama dikenal karena mudah diperoleh bijihnya. Seng terdapat secara luas dengan sumber utamanya berasal dari

sphalerite, (ZnFe)S yang biasanya terdapat bersama gelena, PbS. Sehingga logam seng harus dipisahkan dengan Pb. Cara pemisahan dan isolasi melibatkan pengapungan dan pemanggangan untuk mendapatkan Zn dalam tungku pemanas (Cotton, 1990).



Gambar 2. 1 Logam Seng.

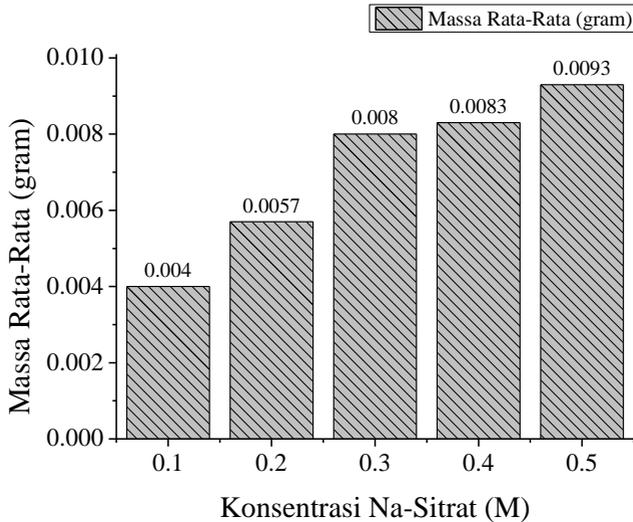
Seng dalam bentuk nanopartikel (Zn NP) bersifat reaktif karena memiliki ukuran yang kecil. Seng nanopartikel seperti ZnO yang memiliki celah pita yang lebar sebesar 3,37 eV dan energi ikatan sebesar 60 meV. Hal ini menunjukkan sifat fisik-kimia yang luar biasa seperti stabilitas kimia dan termal yang sangat baik, sifat piezoelektrik dan fotolistrik yang baik, konstanta kopling elektro tinggi, jangkauan penyerapan radiasi yang luas, dan konstanta dielektrik rendah. Hal ini menunjukkan bahwa banyak aplikasi praktis dalam *gas sensing*, *chemical sensing*, fotokatalisis, sel surya dan lain-lain dimungkinkan (Dhayagude dkk., 2017).

2.3.2. Natrium Sitrat

Natrium sitrat memiliki rumus kimia $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Natrium sitrat berupa serbuk kristal berwarna putih dan tidak berbau. Adapun sifat-sifatnya antara lain memiliki berat molekul relatif 294,10 gr/mol. Pada suhu 25 °C memiliki pH 7,5-9. Densitas: 1,7 gr/cm³, titik leleh 150 °C dan kelarutan dalam air sebesar 720 g/L (Merck, 2004).

Pada penelitian sintesis emas nanopartikel oleh Qurrotul H dan Kurniawan F., (2011), natrium sitrat digunakan sebagai zat pereduksi dan zat penstabil yang dapat mencegah terbentuknya agregat. Dalam preparasi sintesis emas nanopartikel,

penggunaan natrium sitrat merupakan prosedur yang sederhana karena dalam aplikasinya hanya membutuhkan pemanasan larutan hingga titik didih air (Polte dkk., 2010).



Gambar 2. 2 Massa Rata-Rata Logam Emas yang Terlarut dalam Koloid Emas Nanopartikel yang disintesis dengan berbagai Konsentrasi Na-Sitrat.

Gambar 2.2 menunjukkan banyaknya logam emas yang terlarut pada sintesis emas nanopartikel oleh Qurrotul H dan Kurniawan F., (2011). Gambar 2.2 menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi natrium sitrat yang digunakan maka semakin banyak logam emas yang terlarut.

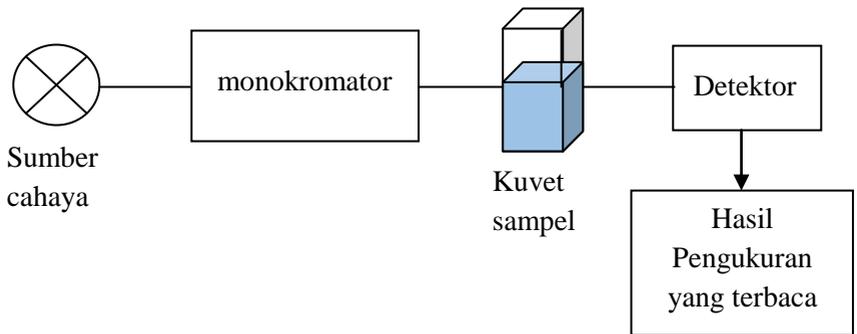
2.4. Karakterisasi

2.4.1. UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis merupakan suatu instrumen yang digunakan untuk menentukan suatu konsentrasi dari larutan melalui intensitas absorpsi pada panjang gelombang tertentu (Khopkar, 1990). Analisis spektrofotometer UV-Vis

didasarkan pada penyerapan sinar dengan intensitas tertentu sebagai energi dari transisi elektron tidak berpasangan yang berada dalam orbital transisi, yaitu orbital *d*. Sampel yang dapat menyerap sinar *visible* umumnya berwarna sehingga akan menyerap sinar dan meneruskan warna komplementernya (Skoog dkk., 2014).

Prinsip kerja dari spektrofotometer UV-Vis, yaitu suatu sumber sinar yang dilewatkan melewati kuvet berisi larutan sampel sehingga dihasilkan spektrum yang akan terdeteksi oleh detektor. Skema kerja dari spektrofotometer UV-Vis ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Skema Kerja Spektrofotometer UV-Vis

Gambar 2.3 menjelaskan skema kerja spektrofotometer UV-Vis dimulai dari cahaya atau sumber radiasi yang sesuai untuk mengukur serapan harus menghasilkan spektrum kontinu dengan intensitas yang sama pada keseluruhan rentang panjang gelombang tertentu. Sumber radiasi UV umumnya menggunakan lampu *hydrogen* dan *deuterium*, sedangkan *visible* memakai lampu filamen tungsten. Monokromator merupakan serangkaian alat optik yang mengubah radiasi polikromatik menjadi panjang gelombang tunggal dan memisahkan panjang gelombang menjadi jalur-jalur yang sangat sempit. Sampel dimasukkan dalam kuvet yang menggunakan

10

bahan *quartz*. Sel yang digunakan untuk sampel berupa larutan mempunyai panjang lintasan tertentu dari 1 hingga 10 cm. Setiap detektor menyerap energi foton yang mengenai dan mengubah energi tersebut. Syarat penting untuk detektor, yaitu memiliki sensitifitas tinggi, waktu respon singkat, stabilitas tinggi dan sinyal elektrik yang mudah diperjelas. Detektor yang digunakan dalam UV-Vis disebut detektor fotolistrik (Hardjono, 1991).

Dasar dari spektrofotometer UV-Vis ini adalah Hukum Lambert-Beer (Khopkar, 1990), yang menyatakan bahwa intensitas yang diteruskan oleh larutan zat adsorben berbanding lurus dengan tebal dan konsentrasi larutan. Persamaan 2.1 digunakan untuk menghitung banyaknya cahaya yang di hamburkan.

$$T = \frac{I_1}{I_0} \text{ atau } \%T = \frac{I_1}{I_0} \times 100\% \quad (2.1)$$

Dimana T adalah transmittan, I_0 merupakan sinar awal sebelum melewati kuvet, I_1 merupakan sinar setelah melewati kuvet dan absorbansi dinyatakan dengan persamaan rumus 2.2 sebagai berikut:

$$A = -\text{Log } T = -\log \frac{I_1}{I_0} \quad (2.2)$$

Apabila ketebalan benda atau konsentrasi materi yang dilewatkan cahaya bertambah, maka cahaya akan lebih banyak diserap sehingga dapat dituliskan dalam perumusan 2.3 sebagai berikut:

$$A = a b c \quad (2.3)$$

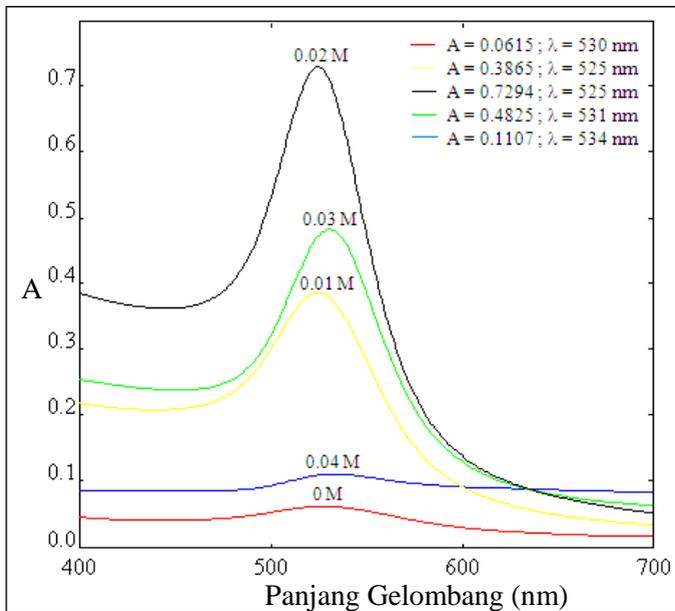
Dimana a merupakan konstanta absorptivitas. Nilai a tergantung pada satuan yang digunakan untuk b dan c . Apabila (c) konsentrasi dinyatakan dalam satuan mol/liter dan (b) ketebalan kuvet dalam cm, maka persamaan 2.3 menjadi persamaan 2.4 sebagai berikut:

$$A = \varepsilon b c \quad (2.4)$$

dengan ε merupakan tetapan absorptivitas yang didapat dari persamaan rumus 2.5 sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{a}{MR} \quad (2.5)$$

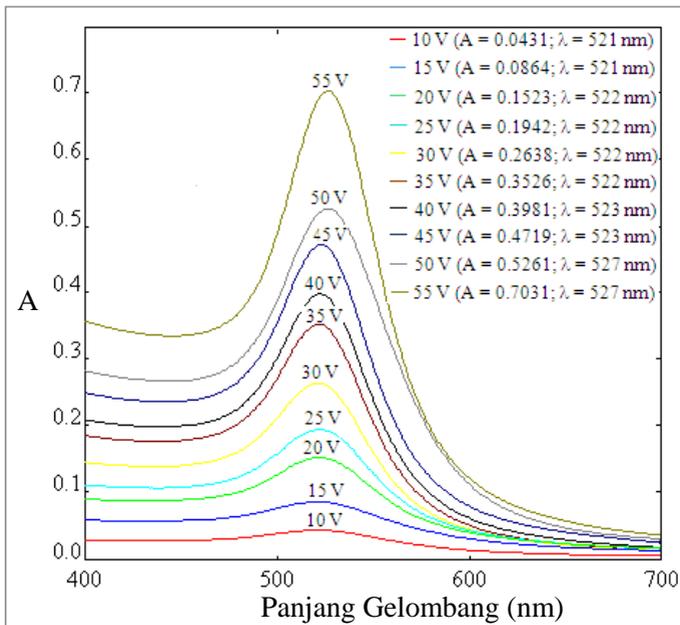
Analisa spektrofotometer UV-Vis dapat juga digunakan untuk memprediksi ukuran dan jumlah partikel nanopartikel. Selain itu, analisa absorbansi ini juga merupakan jenis analisa tercepat dan termudah untuk mengetahui apakah nanopartikel telah terbentuk. Hasil analisa spektrofotometer UV-Vis ini masih perlu diperkuat dengan analisa yang lain seperti PSA dan TEM (Haryono dkk., 2008).



Gambar 2.4 Spektra UV-Vis Koloid Emas Nanopartikel pada variasi konsentrasi.

Gambar 2.4 merupakan Spektra UV-Vis emas nanopartikel pada variasi konsentrasi NaCl dari penelitian sintesis emas nanopartikel oleh Qurrotul H dan Kurniawan F., (2011). Spektra

menunjukkan nilai absorbansi tertinggi pada panjang gelombang maksimum dengan menggunakan konsentrasi NaCl 0,02 M. Dengan perubahan konsentrasi NaCl, jumlah nanopartikel yang terbentuk juga mengalami perubahan. Pada konsentrasi NaCl yang lebih tinggi dari 0,02 M, nilai absorbansi pada panjang gelombang maksimum koloid emas nanopartikel semakin turun karena nanopartikel yang terbentuk semakin sedikit. Hal ini dikarenakan sebagian emas yang berupa nanopartikel sudah mengendap.

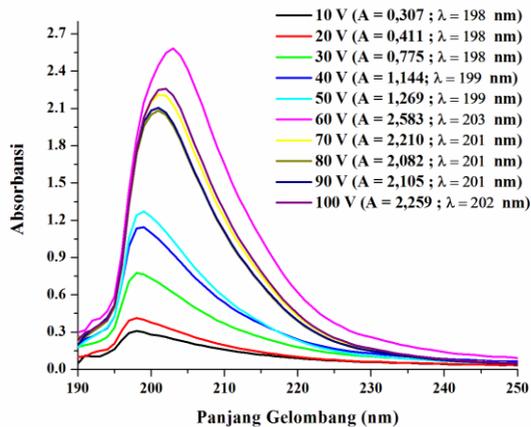


Gambar 2.5 Spektra UV-Vis Koloid Emas Nanopartikel pada variasi potensial.

Spektrum UV-Vis emas nanopartikel pada variasi potensial oleh Qurrotul H dan Kurniawan F., (2011) disajikan pada Gambar 2.5. Absorbansi tertinggi ditunjukkan pada potensial 55 Volt. Gambar tersebut menunjukkan bahwa potensial yang

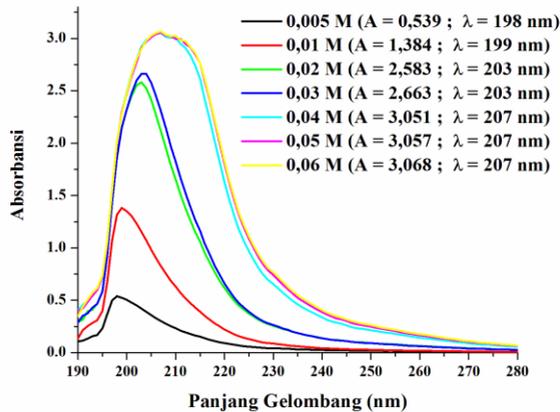
digunakan sintesis emas nanopartikel berpengaruh terhadap nilai absorbansi pada panjang gelombang maksimum. Ini berarti potensial berpengaruh terhadap jumlah emas nanopartikel yang terbentuk dan ukuran nanopartikelnya. Semakin besar potensial yang digunakan untuk elektrolisis dihasilkan jumlah emas nanopartikel yang semakin banyak.

Penelitian yang dilakukan oleh Rahmi R dan Kurniawan F (2017) pada sintesis SnO₂ nanopartikel menunjukkan nilai absorbansi tertinggi pada panjang gelombang maksimum pada potensial 60 V dan penurunan absorbansi pada potensial selanjutnya. Intensitas absorbansi meningkat pada potensial 10 hingga 60 V menunjukkan bahwa potensial yang digunakan akan berpengaruh pada jumlah logam timah yang larut. Hal ini disebabkan oleh pengaruh potensial pada tekanan elektron, yang menyebabkan terjadinya reaksi redoks. Spektre UV-Vis SnO₂ nanopartikel pada variasi potensial ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Spektre UV-Vis Koloid SnO₂ Nanopartikel pada variasi potensial.

Spektra UV-Vis koloid SnO₂ nanopartikel pada variasi konsentrasi HCl ditunjukkan pada Gambar 2.7. Peningkatan konsentrasi elektrolit juga mempengaruhi absorbansi tertinggi pada panjang gelombang maksimum. Semakin tinggi konsentrasi elektrolit maka semakin tinggi absorbansi yang diperoleh.



Gambar 2.7 Spektra UV-Vis Koloid SnO₂ Nanopartikel pada variasi konsentrasi.

2.4.2. X-Ray Diffraction (XRD)

Difraksi sinar-X adalah metode analisis material padatan untuk mengetahui jenis kristal (struktur dan komposisi kristal) dan kristalinitas berdasarkan pola difraksinya. Prinsip dari XRD yaitu sinar-X yang ditembakkan mengenai permukaan sampel yang dianalisis mengakibatkan terjadinya transisi elektron hingga dihasilkan emisi sinar pantul yang dapat terdeteksi oleh detektor dan muncul pola-pola difraktogram yang menunjukkan kristalinitas sampel (Klug dan Alexander, 1974). Hukum Bragg merumuskan secara matematis persyaratan agar berkas sinar-X yang dihamburkan merupakan berkas difraksi yang ditunjukkan pada persamaan 2.6.

$$n \lambda = 2 d_{hkl} \sin \theta \quad (2.6)$$

dimana :

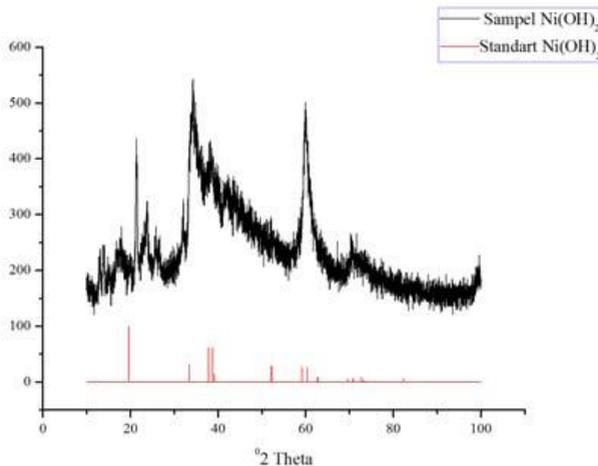
λ = panjang gelombang sinar-X yang digunakan.

d_{hkl} = jarak antar bidang dengan indeks miller hkl.

θ = sudut difraksi sinar-X yang terjadi.

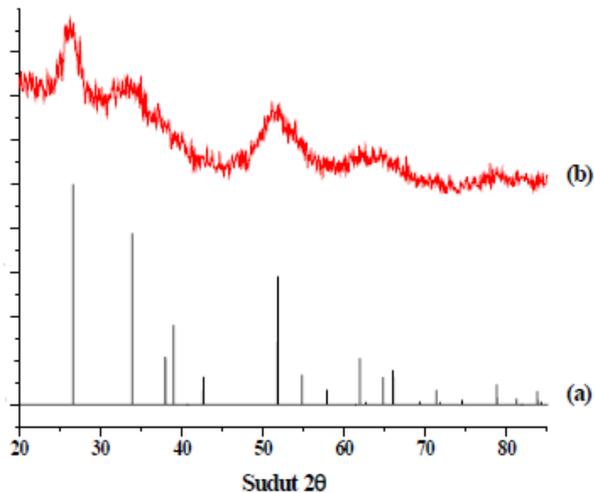
n = orde pembiasan yang berupa bilangan bulat mulai dari 1.

Analisa zeolit, nanopartikel, oksida logam dan ligan berpenyangga sinar-X yang digunakan untuk analisis sampel memancarkan pita-pita radiasi K_1 dan K_2 . Radiasi yang digunakan biasanya radiasi Cu K_1 dengan panjang gelombang 1.54 Å. Berkas sinar radiasi Cu K_1 jika mengenai bidang kristal suatu padatan, maka bidang kristal akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang yang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut. Sinar-X yang dibiaskan akan ditangkap detektor dan diterjemahkan sebagai fungsi sudut refleksi 2θ atau puncak-puncak difraksi (Skoog dkk., 2007).



Gambar 2.8 Difraktogram XRD (merah) standar $Ni(OH)_2$, (hitam) $Ni(OH)_2$ yang disintesis dengan Metode Elektrokimia.

Karakterisasi XRD pada $\text{Ni}(\text{OH})_2$ nanopartikel pernah dilakukan oleh Budipramana dkk., (2014). Gambar 2.8 menunjukkan sampel hasil sintesis memiliki puncak yang sama dengan puncak $\text{Ni}(\text{OH})_2$ standar. Hal ini menunjukkan bahwa sintesis $\text{Ni}(\text{OH})_2$ dengan metode elektrokimia telah berhasil. Keteraturan struktur pori $\text{Ni}(\text{OH})_2$ dengan metode elektrokimia tersebut menunjukkan kesamaan dengan $\text{Ni}(\text{OH})_2$ standar berdasarkan database JCPDS.

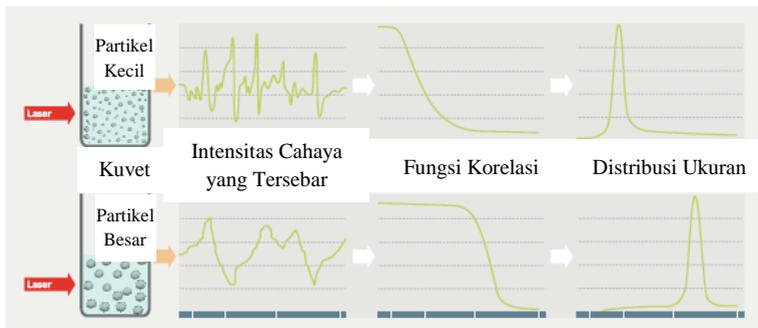


Gambar 2.9 Difraktogram XRD (a) SnO_2 Standar (b) SnO_2 yang disintesis dengan Metode Elektrokimia.

Karakterisasi XRD pada SnO_2 nanopartikel pernah dilakukan oleh Rahmi R dan Kurniawan F (2017). Gambar 2.9 menunjukkan sampel hasil sintesis memiliki puncak yang sama dengan puncak SnO_2 standar. Hal ini menunjukkan bahwa sintesis SnO_2 dengan metode elektrokimia telah berhasil. Keteraturan struktur pori SnO_2 dengan metode elektrokimia tersebut menunjukkan kesamaan dengan SnO_2 standar berdasarkan database JCPDS.

2.4.3. Zeta Sizer

Zeta sizer merupakan instrumen yang digunakan untuk mengetahui ukuran partikel dan distribusi ukuran partikel. Pengukuran zeta sizer menggunakan proses *Dynamic Light Scattering (DLS)*. DLS juga dikenal sebagai *PCS (Photon Correlation Spectroscopy)* yang mengukur gerak brown dan ini berkaitan dengan ukuran partikel. Partikel terus bergerak disebabkan oleh gerak Brown. Gerak Brown adalah gerakan partikel karena tumbukan secara acak dengan molekul dalam cairan yang melingkupi partikel. Ciri penting dari gerak Brown bagi DLS adalah partikel kecil bergerak cepat dan partikel besar bergerak lebih lambat. Kecepatan dari gerak Brown juga dipengaruhi oleh suhu. Oleh karena itu, kontrol suhu yang presisi sangat penting untuk pengukuran yang akurat. Kecepatan difusi diukur dengan menembakkan laser ke partikel sehingga dihasilkan pola *speckle*. Intensitas hamburan pada sudut tertentu akan berfluktuasi dalam rentang waktu tertentu. Fluktuasi ini akan tereduksi dengan detektor fotodioda avalanche (APD). Perubahan intensitas dianalisis dengan autokorelasi digital yang menghasilkan grafik dengan fungsi korelasi tertentu, sehingga diperoleh data tentang ukuran dan distribusi ukuran sampel uji. Gambar 2.10 merupakan ilustrasi dari pengukuran Zeta Sizer (Malvern, 2017).

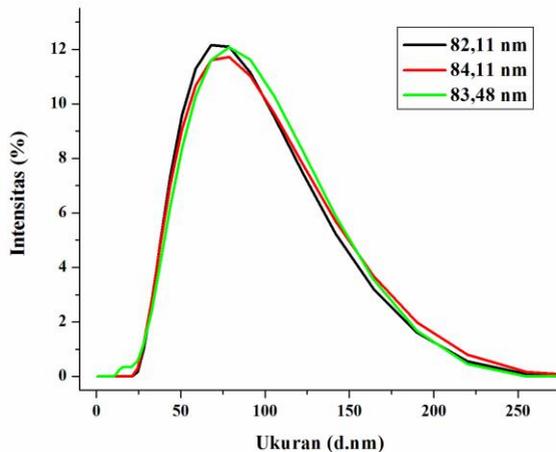


Gambar 2. 10 Ilustrasi pengukuran Zeta Sizer.

Tabel 2.1 menunjukkan distribusi ukuran partikel koloid SnO₂ nanopartikel dengan menggunakan instrumen zeta sizer (Rahmi R dan Kurniawan F, 2017). Tiga puncak yang berbeda yang didapatkan dan rata-rata dari jumlah itu diambil. Puncak rerata memberikan diameter rata-rata partikel dan luas puncak memberikan presentase diameter rata-rata sesuai dengan intensitas yang dapat dilihat pada Gambar 2.11.

Tabel 2.1 Distribusi ukuran pada SnO₂ Nanopartikel

No	Puncak 1	% Intensitas 1
1.	82,11	100
2.	84,11	100
3.	83,48	100

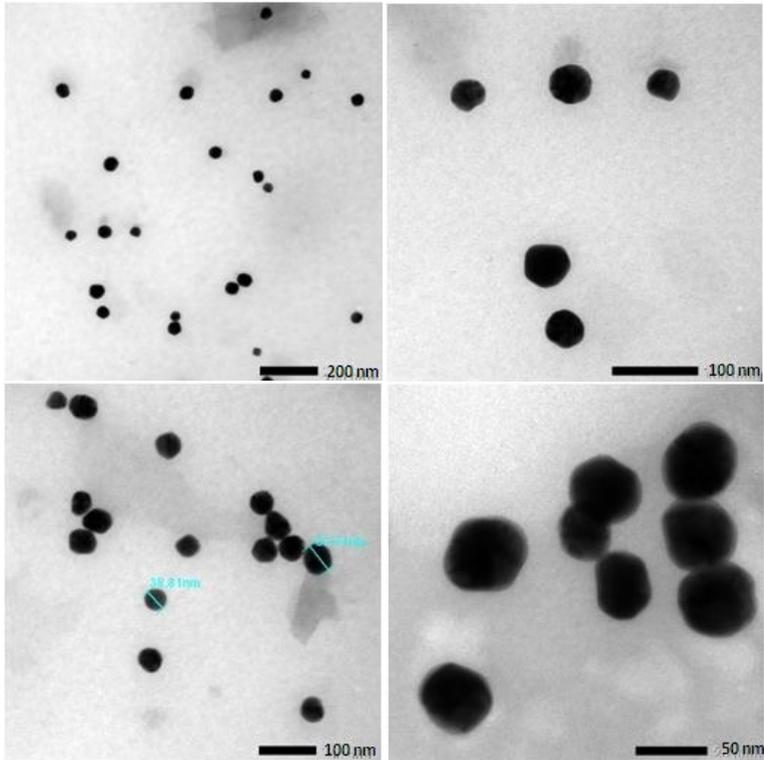


Gambar 2. 11 Distribusi Ukuran SnO₂ Nanopartikel.

2.4.4. *Transmission Electron Microscope (TEM)*

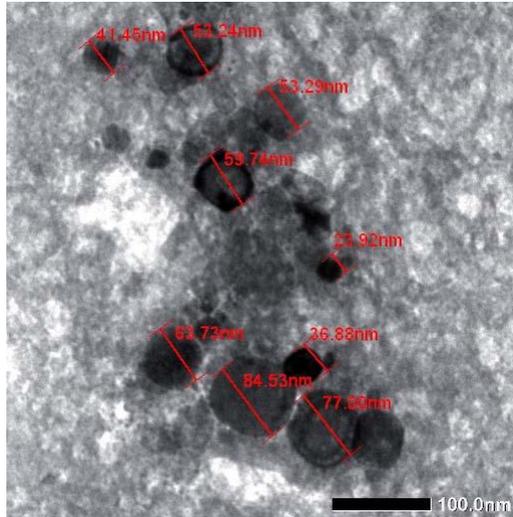
Transmission electron microscope (TEM) merupakan instrumen yang digunakan untuk ukuran partikel, bentuk, dan morfologi dari suatu material (Romano dkk., 2001). TEM adalah teknik penggambaran dengan sinar *photographic film* (mikroskop elektron), atau dideteksi oleh kamera CCD. Elektron tersebut dihasilkan oleh proses yang dikenal sebagai *thermionic discharge* dengan cara yang sama seperti *cathode* dalam *cathode ray tube* atau dengan emisi medan, kemudian dipercepat dan difokuskan oleh medan listrik dan magnet ke sampel. Material kristal berinteraksi dengan tembakan elektron pada umumnya melalui penyerapan sinar, meskipun intensitas transmisi tembakan masih dipengaruhi oleh volume dan densitas material yang dilalui. Intensitas difraksi bergantung pada orientasi bidang atom dalam struktur kristal. TEM sering digunakan bersamaan dengan instrument EDX (Iriarte, 2010).

Penelitian sintesis emas nanopartikel oleh Qurrotul H dan Kurniawan F., (2011) menggunakan TEM untuk karakterisasi nanopartikel yang diperoleh. Sampel uji yang digunakan diperoleh dari proses elektrolisis dalam natrium sitrat 0,3 M dan NaCl 0,02 M pada 55 V selama 45 menit. Gambar 2.12 merupakan hasil karakterisasi TEM dari emas nanopartikel yang menunjukkan nanopartikel yang diperoleh memiliki bentuk *spherical* (bulat).



Gambar 2.12 Hasil TEM dari Emas Nanopartikel yang disintesis pada potensial 55 V.

Karakterisasi TEM pada $\text{Ni}(\text{OH})_2$ nanopartikel pernah dilakukan oleh Budipramana dkk., (2014). Sampel Uji yang digunakan diperoleh dari proses elektrolisis dalam natrium sitrat 0,3 M pada potensial 50 V selama 30 menit. Gambar 2.13 menunjukkan sampel hasil sintesis memiliki ukuran rata-rata dari $\text{Ni}(\text{OH})_2$ nanopartikel adalah 60 nm.



Gambar 2.13 Hasil TEM dari $\text{Ni}(\text{OH})_2$ nanopartikel yang diperoleh dari proses elektrolisis natrium sitrat 0,3 M pada potensial 50 V selama 30 menit.

2.5. Analysis of Variance (ANOVA) dan Uji Least Significance Difference (LSD)

Analysis of Variance (ANOVA) merupakan teknik statistika yang digunakan untuk memisahkan dan memperkirakan pengaruh yang disebabkan perbedaan oleh varian. Prinsip dari uji *ANOVA* adalah melakukan analisis variabilitas data menjadi dua sumber varian yaitu variasi dalam kelompok (*within*) dan variasi antar kelompok (*between*). Jika nilai varian didalam kelompok sama dengan varian antar kelompok, maka nilai mean yang dibandingkan tidak terdapat perbedaan. Ada 2 macam *ANOVA* yaitu *one-way ANOVA* yang digunakan ketika hanya ada satu variabel dan *two-way ANOVA* yang digunakan ketika terdapat dua variabel yang akan diamati (Miller dan Miller, 2005). Ketika *ANOVA* memberikan hasil yang signifikan, hal ini menunjukkan salah satu diantara data berbeda dari yang lainnya.

Untuk melakukan analisa pola perbedaan antara rata-rata, ANOVA sering diikuti dengan uji perbandingan yang khusus dan pada umumnya membandingkan dua rata-rata. Salah satu teknik perbandingan berpasangan adalah *least significant difference* (LSD). Konsep utama perhitungan LSD adalah menghitung perbedaan signifikansi terkecil dari kedua rata-rata hanya jika rata-rata tersebut telah dibandingkan dan untuk menentukan signifikansi yang lebih besar dibandingkan dengan nilai LSD (Williams dan Abdi, 2010).

Nilai LSD dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.7, untuk menghitung nilai LSD diperlukan data dari hasil uji ANOVA yang telah dilakukan sebelumnya.

$$LSD = (t_{\alpha,df_e}) \sqrt{\frac{2(MS_e)}{r}} \quad (2.7)$$

Dimana:

- t_{α,df_e} = Nilai t tabel
- MS_e = Kuadrat tengah galat ANOVA
- r = Jumlah perlakuan sampel

Hasil nilai LSD hitung yang didapat dari persamaan 2.7 menjadi pembeda antara rata-rata dua populasi sampel, apabila selisih rata-rata dua populasi lebih kecil atau sama dengan nilai LSD yang telah dihitung, Maka diantara kedua populasi tersebut tidak berbeda signifikan. Nilai selisih rata-rata dihitung menggunakan persamaan.

$$\bar{X} = |\bar{X}_1 - \bar{X}_2| \quad (2.8)$$

Dimana:

- \bar{X} = Selisih mutlak rata-rata
- \bar{X}_1 = Rata-rata populasi 1
- \bar{X}_2 = Rata-rata populasi 2

“Halaman ini sengaja dikosongkan”.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Alat dan Bahan

3.1.1. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain pemanas (*hot plate*), neraca analitik Ohaus, power supply untuk sintesis nanopartikel, kabel *heat shrink*, kuvet quartz, *magnetic stirrer*, botol ampul 100 mL, peralatan gelas (gelas kimia 50 mL, 100 mL, dan 200 mL), labu ukur 100 mL, gelas ukur 100 mL, pipet tetes, kaca arloji, botol timbang, corong dan pipet ukur (1 mL, 2 mL dan 10 mL). Instrumen yang digunakan untuk karakterisasi Zn(OH)₂ nanopartikel adalah spektrofotometer UV-Vis GENESYS 10S, *Malvern Zetasizer Nano Series Instruments*, *Philips X' Pert MPD (Multi Purpose Diffractometer)* XRD menggunakan Cu K α 1 radiasi ($\lambda = 1.540598$ nm), K α 2 ($\lambda = 1.544426$ nm) dan Hitachi H-9500 TEM (*Transmission Electron Microscopy*).

3.1.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain aqua demineralisasi (Brataco), natrium sitrat (Merck) dan logam Zn (Baterai ABC).

3.2. Prosedur Penelitian

3.2.1. Preparasi Elektroda Zn

Elektroda Zn yang digunakan dalam sintesis ini dibuat dari logam baterai.

3.2.2. Pembuatan Larutan Natrium Sitrat

Sintesis Zn(OH)₂ nanopartikel menggunakan larutan natrium sitrat sebagai larutan elektrolit. Konsentrasi natrium sitrat yang digunakan yaitu 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05 dan 0,06 M. Larutan stok natrium sitrat konsentrasi 1 M dengan volume 100 mL dibuat dengan melarutkan 29,41 g natrium sitrat

dihidrat kedalam 100 mL aqua demineralisi. Larutan stok kemudian diencerkan menjadi larutan dengan konsentrasi yang telah ditentukan sebelumnya.

3.2.3. Sintesis Zn(OH)₂ Nanopartikel

Sintesis Zn(OH)₂ nanopartikel ini, digunakan seperangkat sel elektrolisis dengan seng (Zn) sebagai elektroda pada katoda dan anoda. Larutan elektrolit natrium sitrat ditempatkan dalam gelas kimia. Sintesis Zn(OH)₂ nanopartikel dilakukan pengamatan terhadap pengaruh potensial, pengaruh konsentrasi larutan elektrolit natrium sitrat dan pengaruh waktu sintesis.

3.2.3.1. Pengaruh Potensial

Langkah kerja dalam penelitian ini yaitu menyiapkan dua elektroda seng (Zn) kemudian masing-masing ditimbang massanya. Masing-masing elektroda yang sudah ditimbang beratnya, dihubungkan dengan penghantar positif dan negatif dari *power supply*. Kedua elektroda tersebut dicelupkan ke dalam gelas kimia yang berisi larutan natrium sitrat 0,02 M. Proses elektrolisis ini berlangsung dengan variasi potensial 2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18 dan 20 V. Setelah selesai, kedua elektroda dilepas dan dikeringkan, kemudian masing-masing ditimbang massanya. Koloid didiamkan pada suhu ruang kemudian dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui nilai absorbansi dan panjang gelombangnya. Perlakuan potensial yang menghasilkan koloid Zn(OH)₂ nanopartikel dengan nilai absorbansi pada panjang gelombang maksimum yang tertinggi, digunakan untuk proses elektrolisis pada optimasi konsentrasi natrium sitrat.

3.2.3.2. Pengaruh Konsentrasi Na-Sitrat

Langkah kerja dalam penelitian ini yaitu menyiapkan dua elektroda seng (Zn) kemudian ditimbang massanya. Masing-masing elektroda yang sudah ditimbang massanya,

dihubungkan dengan penghantar positif dan negatif dari *power supply*. Kedua elektroda tersebut dicelupkan ke dalam gelas kimia yang berisi natrium sitrat 0,01 M. Proses elektrolisis ini berlangsung dengan potensial sesuai hasil optimasi potensial. Selanjutnya dengan perlakuan yang sama, diulangi untuk masing-masing konsentrasi larutan natrium sitrat, yaitu 0,02; 0,03; 0,04; 0,05 dan 0,06 M. Setelah selesai, kedua elektroda dilepas dan dikeringkan, kemudian ditimbang massanya. Koloid didiamkan pada suhu ruang kemudian dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui nilai absorbansi dan panjang gelombangnya. Perlakuan konsentrasi natrium sitrat yang menghasilkan koloid $Zn(OH)_2$ nanopartikel dengan nilai absorbansi pada panjang gelombang maksimum yang tertinggi, digunakan untuk proses elektrolisis pada optimasi waktu elektrolisis.

3.2.3.3. Pengaruh Waktu Elektrolisis

Langkah kerja dalam penelitian ini yaitu menyiapkan dua elektroda seng (Zn) kemudian masing-masing ditimbang massanya. Masing-masing elektroda yang sudah ditimbang massanya, dihubungkan dengan penghantar positif dan negatif dari *power supply*. Dalam sintesis ini dilakukan dengan potensial dan larutan natrium sitrat sesuai hasil optimasi potensial dan optimasi konsentrasi. Kedua elektroda tersebut dicelupkan ke dalam gelas kimia yang berisi larutan natrium sitrat. Proses elektrolisis ini berlangsung selama 5 menit. Selanjutnya dengan perlakuan yang sama, diulangi untuk masing-masing variasi waktu elektrolisis yaitu 10; 15; 20; 25 dan 30 menit. Setelah selesai, kedua elektroda dilepas dan dikeringkan, kemudian ditimbang massanya. Koloid didiamkan pada suhu ruang kemudian dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui nilai absorbansi

dan panjang gelombang maksimum pada koloid Zn(OH)_2 nanopartikel.

3.2.4. Karakterisasi Zn(OH)_2 Nanopartikel

Koloid Zn(OH)_2 nanopartikel yang diperoleh dari masing-masing perlakuan dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui absorbansi maksimum dari Zn(OH)_2 nanopartikel. Cara pengukuran yaitu larutan blanko dimasukkan pada kuvet A dan koloid Zn(OH)_2 nanopartikel pada kuvet B (ukuran 10 x 10 x 43 mm) kemudian dimasukkan ke dalam instrumen UV-Vis. Panjang gelombang maksimum dari Zn(OH)_2 nanopartikel ditentukan terlebih dahulu setelah itu diukur absorbansi blanko pada kuvet A, lalu koloid Zn(OH)_2 nanopartikel dalam kuvet B diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum.

Koloid Zn(OH)_2 nanopartikel yang dihasilkan dari elektrolisis pada potensial, konsentrasi natrium sitrat dan waktu sintesis optimum akan digunakan untuk analisa XRD. Koloid tersebut kemudian dikeringkan dalam oven. Serbuk yang diperoleh dikarakterisasi XRD untuk mengetahui struktur kristalnya. Sampel disiapkan dalam bentuk padatan berupa serbuk Zn(OH)_2 nanopartikel. Sampel dimasukkan ke dalam *crucible* dan dikarakterisasi dengan instrumen XRD.

Ukuran dari koloid Zn(OH)_2 nanopartikel yang diperoleh pada kondisi optimum terhadap potensial, konsentrasi natrium sitrat dan waktu sintesis dapat diketahui dengan instrumen *Zeta Sizer*. Persiapan sampel untuk karakterisasi dengan *Zeta Sizer* yaitu koloid Zn(OH)_2 nanopartikel dimasukkan ke dalam kuvet, kemudian diukur absorbansi dan ditentukan indeks biasnya. Setelah itu, kuvet yang sudah berisi sampel dimasukkan ke dalam instrumen *Zeta Sizer*. Dibuka program (*zetasizer software*), diisi data sampel (nilai absorbansi dan indeks bias) kemudian program dijalankan, lalu hasil pengukuran

ditampilkan berupa puncak distribusi ukuran dalam sampel. Morfologi dan ukuran partikel diketahui dengan instrumen Hitachi H-9500 TEM (*Transmission electron microscopy*).

3.2.5. Uji ANOVA (*Analysist of Variance*) dan Uji LSD (*Least Significance Difference*)

Setelah didapatkan data panjang gelombang maksimum dari seluruh sampel, selanjutnya dilakukan uji ANOVA dan LSD pada data tersebut untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan diantara data yang didapat. Kedua uji dikerjakan dengan menggunakan Microsoft Excel 2013. Uji ANOVA dilakukan dengan menggunakan data analisa ANOVA: *single factor* dan Uji LSD dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.7 dan 2.8 untuk selanjutnya dibandingkan dengan selisih rata-rata setiap sampel pada variasi yang dilakukan (potensial, konsentrasi natrium sitrat dan waktu elektrolisis).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

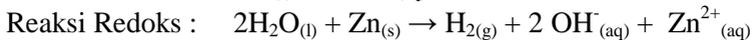
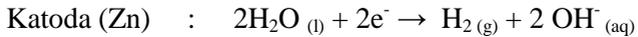
4.1. Sintesis dan Pembentukan Zn(OH)₂ Nanopartikel

Sintesis Zn(OH)₂ nanopartikel ini, digunakan seperangkat sel elektrolisis dengan logam seng (Zn) sebagai elektroda pada katoda dan anoda. Larutan elektrolit natrium sitrat ditempatkan dalam gelas beker 100 mL dan dipanaskan hingga mendidih disertai pengadukan konstan 50 rpm. Sel elektrolisis dirangkai seperti skema sel elektrolisis pada Gambar 3.2.

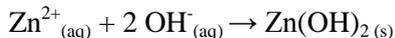
Dalam proses sintesis Zn(OH)₂ nanopartikel dengan metode ini terjadi reaksi ionisasi natrium sitrat, yaitu:



Selanjutnya terjadi reaksi oksidasi pada anoda (Zn) dan reduksi pada katoda (Zn), yaitu:



Reaksi sintesis Zn(OH)₂ nanopartikel, yaitu:



4.2. Hasil Analisa XRD

Pola *X-ray diffraction* serbuk Zn(OH)₂ nanopartikel yang disintesis dengan metode elektrokimia. Pengamatan pada pola XRD yang dihasilkan menunjukkan beberapa puncak kuat pada sudut 2θ yang menunjukkan kesesuaian dengan Zn(OH)₂ nanopartikel data JCPDS No. 038-038.

4.3. Sintesis dan Karakterisasi Zn(OH)₂ Nanopartikel

4.3.1. Pengaruh Potensial

Pada sintesis Zn(OH)₂ nanopartikel, dilakukan pengamatan pengaruh potensial terhadap larutan. Pengamatan ini dilakukan pada potensial 2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18 dan 20 V. Konsentrasi natrium sitrat dibuat tetap, yaitu 0,02 M. Pengamatan potensial dilakukan karena potensial berpengaruh terhadap ukuran nanopartikel yang terbentuk (Araoyinbo dkk., 2010). Potensial juga berperan sebagai parameter pengontrol pada tekanan elektron yang dapat menyebabkan spesi kimia mengalami penambahan atau pengurangan elektron (reduksi atau oksidasi) (Wang, 2006).

Potensial yang digunakan kemudian dinaikkan dari potensial terkecil yaitu 2 V hingga 20 V dengan rentang 2 V. Pertama sintesis Zn(OH)₂ yang dilakukan pada variasi potensial 2 V, selama 15 menit proses elektrolisis, reaksi yang terjadi sangat lambat. Gelembung gas terdapat pada permukaan anoda dan dipermukaan larutan elektrolit disekitar katoda. Pada permukaan katoda terdapat serbuk yang menempel dalam jumlah yang sedikit. Setelah elektrolisis dihentikan tidak terjadi perubahan warna, hal ini menunjukkan bahwa potensial 2 V tidak mampu mengubah logam seng (Zn^0) menjadi ion (Zn^{2+}) sehingga tidak ada ion (Zn^{2+}) yang direduksi oleh ion sitrat yang berarti tidak terbentuk seng nanopartikel.

Sintesis Zn(OH)₂ nanopartikel yang dilakukan pada variasi potensial 4 sampai 20 V berbeda dengan sintesis potensial 2 V. Laju pembentukan seng nanopartikel semakin cepat dengan bertambahnya potensial yang diberikan. Pada setiap kenaikan 2 V teramati adanya gelembung gas yang terdapat pada permukaan anoda dan dipermukaan larutan elektrolit disekitar katoda yang semakin banyak dengan meningkatnya potensial. Serbuk yang menempel pada permukaan katoda juga semakin

banyak dengan meningkatnya potensial yang diberikan. Setelah elektrolisis dihentikan koloid $Zn(OH)_2$ nanopartikel terjadi perubahan warna dari tidak berwarna menjadi sedikit muncul warna biru yang semakin pekat. Perubahan warna ini menunjukkan terbentuknya $Zn(OH)_2$ nanopartikel. Elektroda di anoda mengalami pengurangan massa dan elektroda di katoda mengalami penambahan massa dengan meningkatnya potensial.

Semakin besar potensial yang digunakan maka semakin banyak pula logam seng (Zn) yang terlarut. Hal ini sesuai dengan persamaan $E = I R$. Persamaan tersebut menyatakan bahwa semakin besar potensial maka arus yang dihasilkan semakin banyak dan arus listrik berbanding lurus dengan massa logam anoda yang teroksidasi menjadi ion karena ion hanya akan terbentuk dibawah pengaruh medan listrik yang mengalir melalui larutan (Koryta dkk., 1993). Semakin besar potensial yang digunakan maka semakin banyak pula logam seng yang terlarut. Hal ini menunjukkan potensial berpengaruh terhadap jumlah seng yang terlarut yang disajikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Tabel Massa Rata-Rata Logam Seng (Zn) yang Terlarut dalam Koloid $Zn(OH)_2$ Nanopartikel yang disintesis dengan Natrium Sitrat 0,02 M.

No.	Potensial (V)	Massa (gram)
1.	2	0,0039 ± 0,0004
2.	4	0,0088 ± 0,0003
3.	6	0,0104 ± 0,0005
4.	8	0,0132 ± 0,0005
5.	10	0,0145 ± 0,0004
6.	12	0,0153 ± 0,0005
7.	14	0,0161 ± 0,0004
8.	16	0,0174 ± 0,0004
9.	18	0,0181 ± 0,0004
10.	20	0,0197 ± 0,0003

Pengamatan pengaruh potensial terhadap nilai absorbansi koloid $\text{Zn}(\text{OH})_2$ nanopartikel pada panjang gelombang maksimum. Hasil pengukuran UV-Vis menunjukkan bahwa potensial yang digunakan untuk sintesis $\text{Zn}(\text{OH})_2$ nanopartikel berpengaruh terhadap nilai absorbansi pada panjang gelombang maksimum. Hal ini berarti potensial berpengaruh terhadap jumlah $\text{Zn}(\text{OH})_2$ nanopartikel yang terbentuk dan ukuran partikelnya. Semakin besar potensial yang digunakan untuk elektrolisis dihasilkan jumlah $\text{Zn}(\text{OH})_2$ nanopartikel yang semakin banyak.

Kondisi optimum dalam pengamatan pengaruh potensial terjadi pada potensial 20 V dengan panjang gelombang maksimum 225 nm dan absorbansi 1,906. Nilai absorbansi secara keseluruhan dari lima kali sintesis disajikan pada Tabel B.1 dalam lampiran. Sedangkan nilai panjang gelombang maksimum dari keseluruhan sintesis disajikan dalam Tabel 4.5.

4.3.2. Pengaruh Konsentrasi

Setelah dilakukan pengamatan pengaruh potensial dalam sintesis $\text{Zn}(\text{OH})_2$ nanopartikel pada konsentrasi natrium sitrat yang dibuat tetap yaitu 0,02 M, potensial optimum yang didapatkan adalah 20 V. Pengamatan selanjutnya yaitu pengaruh konsentrasi terhadap koloid. Pengamatan ini dilakukan pada potensial optimum 20 V dengan variasi konsentrasi elektrolit yang digunakan antara lain 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05 dan 0,06 M. Konsentrasi natrium sitrat paling besar yang digunakan adalah 0,06 M karena pada konsentrasi tersebut, koloid $\text{Zn}(\text{OH})_2$ nanopartikel yang diperoleh sudah mengendap. Pengendapan ini ditandai dengan berubahnya warna koloid sedikit muncul warna biru menjadi putih keruh. Pengendapan ini terjadi karena $\text{Zn}(\text{OH})_2$ nanopartikel yang terbentuk berukuran besar sehingga koloid tidak stabil.

Sintesis $\text{Zn}(\text{OH})_2$ nanopartikel yang dilakukan dengan konsentrasi natrium sitrat 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05 dan 0,06 M, reaksi yang terjadi berlangsung cepat. Laju pembentukan $\text{Zn}(\text{OH})_2$ nanopartikel semakin cepat dengan meningkatnya konsentrasi yang diberikan. Namun, pada konsentrasi 0,05 M mulai muncul sedikit endapan putih sedangkan pada konsentrasi 0,06 M diperoleh endapan putih yang banyak. Dimana kondisi ini menunjukkan $\text{Zn}(\text{OH})_2$ nanopartikel yang terbentuk berukuran besar sehingga koloid tidak stabil dan mulai mengendap. Setiap kenaikan 0,01 M teramati adanya gelembung gas yang terdapat pada permukaan anoda dan dipermukaan larutan elektrolit disekitar katoda yang semakin banyak dengan meningkatnya konsentrasi natrium sitrat yang digunakan. Selain itu jumlah serbuk yang menempel pada permukaan katoda juga semakin banyak seiring kenaikan konsentrasi natrium sitrat yang digunakan. Setelah elektrolisis dihentikan koloid $\text{Zn}(\text{OH})_2$ nanopartikel terjadi perubahan warna dari sedikit muncul warna biru yang semakin pekat hingga menjadi putih keruh. Perubahan warna ini menunjukkan terbentuknya $\text{Zn}(\text{OH})_2$ nanopartikel dan endapan putih yang muncul menunjukkan terjadi aglomerasi sehingga larutan menjadi tidak stabil. Anoda mengalami pengurangan massa dan katoda mengalami penambahan massa dengan meningkatnya konsentrasi natrium sitrat yang digunakan.

Semakin besar konsentrasi natrium sitrat yang digunakan maka semakin banyak pula logam seng (Zn) yang terlarut. Hal ini menunjukkan konsentrasi natrium sitrat juga berpengaruh terhadap jumlah seng (Zn) yang terlarut yang disajikan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Massa Rata-Rata Logam Seng (Zn) yang Terlarut dalam Koloid Zn(OH)₂ nanopartikel yang disintesis dengan Konsentrasi Natrium Sitrat 0,01-0,06 M pada Potensial 20 V.

No.	Konsentrasi (M)	Massa Zn (gram)
1.	0,01	0,0186 ± 0,0004
2.	0,02	0,0197 ± 0,0003
3.	0,03	0,0219 ± 0,0004
4.	0,04	0,0235 ± 0,0004
5.	0,05	0,0281 ± 0,0004
6.	0,06	0,0313 ± 0,0004

Tabel 4.2 menunjukkan nilai rata-rata banyaknya logam seng yang terlarut dari lima kali sintesis Zn(OH)₂ nanopartikel dengan menggunakan berbagai macam konsentrasi natrium sitrat pada potensial 20 V. Koloid Zn(OH)₂ nanopartikel yang diperoleh dari sintesis dengan pengaruh konsentrasi natrium sitrat diukur dengan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui nilai absorbansi pada panjang gelombang maksimum. Nilai panjang gelombang menunjukkan ukuran nanopartikel yang dihasilkan sedangkan absorbansi menunjukkan jumlah nanopartikel yang dihasilkan (Qurrotul H dan Kurniawan F., 2011). Pengamatan pengaruh konsentrasi natrium sitrat terhadap nilai absorbansi koloid Zn(OH)₂ pada panjang gelombang maksimum disajikan pada Gambar 4.8.

Spektra UV-Vis koloid Zn(OH)₂ nanopartikel yang disintesis dengan konsentrasi natrium sitrat yang berbeda mempunyai nilai panjang gelombang yang berbeda. Semua spektra menunjukkan pola puncak yang sama, hal ini menandakan bahwa distribusi ukuran pada Zn(OH)₂ nanopartikel ditentukan dari jenis konsentrasi yang digunakan. Semakin tinggi konsentrasi natrium sitrat yang digunakan akan berpengaruh pada pertumbuhan partikel oleh pembentukan

banyak ion. Terbentuknya ion yang terlalu banyak akan menyebabkan kemampuan permukaan partikel tidak dapat menghambat terjadinya aglomerasi partikel yang dihasilkan. Koloid mungkin tidak stabil dan tumbuh koagulasi menjadi partikel yang lebih besar.

Kondisi optimum dalam pengamatan pengaruh konsentrasi terjadi pada konsentrasi natrium sitrat 0,04 M dengan panjang gelombang maksimum 228 nm dan absorbansi 2,423. Nilai absorbansi secara keseluruhan dari lima kali sintesis disajikan pada Tabel B.2 dalam lampiran. Sedangkan nilai panjang gelombang maksimum dari keseluruhan sintesis disajikan dalam Tabel 4.9.

4.3.3. Pengaruh Waktu Elektrolisis

Setelah diamati pengaruh konsentrasi natrium sitrat dalam sintesis $Zn(OH)_2$ nanopartikel yang dibuat tetap pada potensial optimum 20 V diperoleh konsentrasi optimum 0,04 M. Tahap selanjutnya adalah pengamatan terhadap pengaruh waktu elektrolisis. Pengamatan ini dilakukan pada potensial tetap 20 V dan konsentrasi natrium sitrat 0,04 M dengan variasi waktu elektrolisis 5; 10; 15; 20; 25 dan 30 menit.

Pada variasi waktu elektrolisis 5 menit, teramati adanya gelembung gas yang terdapat pada permukaan anoda dan dipermukaan larutan elektrolit disekitar katoda dan dalam jumlah yang sedikit terdapat serbuk yang menempel pada permukaan katoda. Koloid hasil elektrolisis tidak terjadi perubahan warna atau tetap tidak berwarna. Anoda mengalami pengurangan massa dan katoda mengalami penambahan massa.

Pada variasi waktu elektrolisis 10 hingga 30 menit, teramati adanya gelembung gas yang terdapat pada permukaan anoda dan dipermukaan larutan elektrolit disekitar katoda. Serbuk yang menempel pada permukaan katoda bertambah banyak dengan meningkatnya waktu elektrolisis yang

digunakan. Koloid hasil elektrolisis terjadi perubahan warna dari tidak berwarna menjadi sedikit muncul warna biru hingga putih keruh. Anoda mengalami pengurangan massa dan katoda mengalami penambahan massa. $Zn(OH)_2$ nanopartikel dengan waktu elektrolisis 25 menit mulai muncul sedikit endapan putih sedangkan pada waktu elektrolisis 30 menit diperoleh endapan putih yang banyak. Dimana kondisi ini menunjukkan $Zn(OH)_2$ nanopartikel yang terbentuk berukuran besar sehingga koloid tidak stabil dan mulai mengendap.

Semakin lama waktu elektrolisis yang digunakan maka semakin banyak pula logam seng yang terlarut. Hal ini menunjukkan waktu elektrolisis juga berpengaruh terhadap jumlah logam seng (Zn) yang terlarut yang disajikan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Tabel Massa Rata-Rata logam seng (Zn) yang terlarut dalam koloid $Zn(OH)_2$ nanopartikel yang disintesis menggunakan variasi waktu sintesis 5-30 menit dengan konsentrasi natrium sitrat 0,04 M pada potensial 20 V.

No.	Waktu (menit)	Massa Zn (gram)
1.	5	$0,0114 \pm 0,0004$
2.	10	$0,0165 \pm 0,0004$
3.	15	$0,0235 \pm 0,0003$
4.	20	$0,0257 \pm 0,0003$
5.	25	$0,0307 \pm 0,0003$
6.	30	$0,0347 \pm 0,0003$

Tabel 4.3 menunjukkan nilai rata-rata banyaknya logam seng (Zn) yang terlarut dari lima kali elektrolisis seng nanopartikel dengan menggunakan berbagai macam waktu sintesis dengan natrium sitrat 0,04 M pada potensial 20 V.

Dimana dengan meningkatnya waktu elektrolisis yang digunakan logam seng (Zn) yang terlarut semakin banyak.

Koloid Zn(OH)_2 nanopartikel yang diperoleh dari sintesis dengan pengaruh waktu elektrolisis diukur dengan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui nilai absorbansi pada panjang gelombang maksimum. Nilai panjang gelombang menunjukkan ukuran nanopartikel yang dihasilkan, sedangkan absorbansi menunjukkan jumlah nanopartikel yang dihasilkan (Qurrotul H dan Kurniawan F., 2011). Hal tersebut diketahui dari hasil pengukuran nilai absorbansi Zn(OH)_2 nanopartikel pada panjang gelombang maksimum dengan menggunakan spektrofotometer

Hasil UV-Vis koloid Zn(OH)_2 nanopartikel pada sintesis dengan pengamatan pengaruh variasi waktu elektrolisis. Semua spektra menunjukkan pola puncak yang sama, hal ini menandakan bahwa distribusi ukuran pada Zn(OH)_2 nanopartikel ditentukan dari lama waktu elektrolisis yang digunakan. Semakin lama waktu elektrolisis yang digunakan akan berpengaruh pada pertumbuhan partikel oleh pembentukan banyak ion. Terbentuknya ion yang terlalu banyak akan menyebabkan kemampuan permukaan partikel tidak dapat menghambat terjadinya aglomerasi partikel yang dihasilkan. Koloid mungkin tidak stabil dan tumbuh koagulasi menjadi partikel yang lebih besar. Koloid Zn(OH)_2 nanopartikel yang dihasilkan dengan waktu elektrolisis 20 menit mempunyai nilai absorbansi 2,753 pada panjang gelombang 229 nm. Hal ini berarti dengan menggunakan waktu elektrolisis selama 20 menit, jumlah Zn(OH)_2 nanopartikel yang dihasilkan paling banyak dibandingkan waktu elektrolisis yang lain. Dengan perubahan waktu sintesis, jumlah nanopartikel yang dihasilkan juga mengalami perubahan. Koloid Zn(OH)_2 nanopartikel yang dihasilkan dengan menggunakan potensial 20 V dengan waktu

elektrolisis 20 menit jumlah $Zn(OH)_2$ nanopartikel yang terbentuk paling banyak dibandingkan yang lainnya. Dengan bertambahnya waktu elektrolisis, nilai absorbansi pada panjang gelombang maksimum koloid $Zn(OH)_2$ nanopartikel semakin meningkat. Nilai absorbansi secara keseluruhan dari lima kali sintesis disajikan pada Tabel B.3 dalam lampiran. Sedangkan nilai panjang gelombang maksimum dari keseluruhan sintesis disajikan dalam Tabel 4.13.

4.4. Hasil Analisa Zeta Sizer

Koloid $Zn(OH)_2$ nanopartikel optimum menggunakan natrium sitrat 0,04 M dengan potensial 20 V dengan waktu elektrolisis 20 menit. Koloid $Zn(OH)_2$ nanopartikel ini dianalisa dengan menggunakan salah satu instrumen PSA (*Particle Size Analyzer*) yaitu zeta sizer. Analisa ini dilakukan untuk mengetahui ukuran partikel dan distribusi ukuran partikel. Hasil analisa dengan menggunakan zeta sizer disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Analisa instrumen Zeta Sizer saat elektrolisis dengan Konsentrasi Natrium Sitrat 0,04 M pada potensial 20 V dengan waktu elektrolisis 20 menit.

No	Puncak 1	% Intensitas 1
1	96,56	100
2	95,20	100
3	96,74	100
4	96,75	100
5	96,23	100

Tabel 4.4 menunjukkan hasil yang stabil pada pengukuran koloid $Zn(OH)_2$ nanopartikel menggunakan instrumen zeta sizer.

4.5. Hasil Analisa *Tranmission Electron Microscopy* (TEM)

Zn(OH)₂ nanopartikel yang diperoleh dari proses elektrolisis dengan natrium sitrat 0,04 M pada potensial 20 V selama 20 menit memiliki bentuk *sperichal* (bulat). Berdasarkan kondisi sintesis tersebut, nanopartikel yang diperoleh memiliki ukuran sekitar 27-71 nm.

4.6. Hasil Uji ANOVA (*Analysist of Variance*) dan Uji LSD (*Least Significance Difference*)

Setelah seluruh data hasil pengukuran panjang gelombang maksimum seluruh sampel diketahui, dilakukan uji ANOVA yang disertai dengan uji LSD untuk mengetahui hasil pengukuran panjang gelombang maksimum rata-rata dari spektra UV-Vis setiap sampel pada variasi yang dilakukan (potensial, konsentrasi elektrolit dan waktu elektrolisis) memiliki perbedaan yang signifikan. Dengan melakukan uji ANOVA dapat diketahui apakah data hasil pengukuran yang didapat memiliki nilai rata-rata yang sebanding atau tidak. Jika data pengukuran yang dibandingkan sebanding, maka data pengukuran tersebut memiliki presisi yang sama. Dalam uji ANOVA Jika F_{hitung} lebih kecil daripada F_{tabel} , maka hipotesa nol (H_0) diterima. Pada uji ini, H_0 yang diberikan adalah tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari hasil pengukuran.

Pada penelitian ini, setelah melakukan uji ANOVA pada data hasil pengukuran spektrofotometer UV-Vis dilakukan uji lanjutan yaitu uji LSD. Uji LSD bertujuan untuk menentukan rata-rata antara dua pengujian yang dilakukan berbeda secara statistik. Jika selisih mutlak kedua nilai rata-rata lebih kecil atau sama dengan nilai hitung LSD, maka dua rata-rata hasil pengukuran tersebut tidak berbeda signifikan. Uji ANOVA dan Uji LSD dilakukan menggunakan Microsoft Excel 2013.

4.6.1. Variasi Potensial

Data λ_{maks} hasil pengukuran UV-Vis koloid $\text{Zn}(\text{OH})_2$ variasi potensial ditunjukkan pada Tabel 4.5. Hasil pengujian ANOVA dan pengujian LSD ditunjukkan pada Tabel 4.6 dan 4.7. Tabel 4.8 menampilkan hasil rekapitulasi uji LSD pada setiap panjang gelombang maksimum spektra UV-Vis setiap sampel pada variasi potensial.

Tabel 4. 5 Data nilai λ_{maks} Hasil Pengukuran UV-Vis Koloid $\text{Zn}(\text{OH})_2$ Nanopartikel Variasi Potensial yang disintesis dengan Natrium Sitrat 0,02 M.

Potensial (V)	A	B	C	D	E
2	223	223	223	223	223
4	224	223	223	223	223
6	223	224	224	224	223
8	224	224	224	224	224
10	224	224	225	224	224
12	224	224	224	224	224
14	223	223	225	224	225
16	224	224	225	224	225
18	224	224	225	225	225
20	224	224	225	225	225

Tabel 4.5 menunjukkan data keseluruhan panjang gelombang maksimum dari setiap sampel pada variasi potensial. Seluruh data panjang gelombang tersebut diuji ANOVA dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Uji ANOVA λ_{maks} spektra UV-Vis setiap sampel pada variasi potensial.

Anova: Single Factor

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Row 1	5	1115	223	0
Row 2	5	1116	223,2	0,2
Row 3	5	1118	223,6	0,3
Row 4	5	1120	224	0
Row 5	5	1121	224,2	0,2
Row 6	5	1120	224	0
Row 7	5	1120	224	1
Row 8	5	1122	224,4	0,3
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Row 9	5	1123	224,6	0,3
Row 10	5	1123	224,6	0,3

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	13,52	9	1,502222	5,777778	4,01E-05	2,124029
Within Groups	10,4	40	0,26			
Total	23,92	49				

Uji LSD λ_{maks} spektra UV-Vis Zn(OH)₂ nanopartikel variasi potensial:

$$r = 5$$

$$df = 40$$

$$MS = 0,26$$

$$T \text{ kritis } (\alpha = 0,05) = 2,021075$$

$$LSD = (t \alpha, dfe) \cdot \sqrt{\frac{2(MSE)}{r}}$$

$$= 2,021075 \cdot \sqrt{\frac{2(0,26)}{5}}$$

$$= 0,651777$$

Berdasarkan hasil uji ANOVA yang dapat dilihat pada Tabel 4.6, seluruh hasil pengukuran panjang gelombang maksimum spektra UV-VIS setiap sampel yang diuji dari nanopartikel hasil sintesis pada setiap potensial memiliki perbedaan yang signifikan. Hal ini disebabkan karena F_{hitung} yang lebih besar dari pada F_{tabel} , sehingga H_0 ditolak, H_0 menyatakan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara panjang gelombang nanopartikel dari hasil sintesis pada setiap potensial yang digunakan. Tabel 4.7 menunjukkan selisih rata-rata panjang gelombang maksimum spektra UV-Vis pada setiap sampel hasil sintesis pada variasi potensial yang telah dibandingkan dengan nilai LSD. Selisih rata-rata yang lebih kecil menyatakan tidak ada perbedaan yang signifikan dari sampel yang diuji dan begitupun sebaliknya.

Tabel 4. 7 Selisih rata-rata λ_{maks} nanopartikel variasi potensial.

Perbandingan (V)	Selisih Rata-Rata ($\bar{X} = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 $)	Kesimpulan
2 dan 4	0,2	Tidak berbeda signifikan
2 dan 6	0,6	Tidak berbeda signifikan
2 dan 8	1	Berbeda signifikan
2 dan 10	1,2	Berbeda signifikan
1 dan 12	1	Berbeda signifikan
2 dan 14	1	Berbeda signifikan
2 dan 16	1,4	Berbeda signifikan
2 dan 18	1,6	Berbeda signifikan
2 dan 20	1,6	Berbeda signifikan
4 dan 6	0,4	Tidak berbeda signifikan
4 dan 8	0,8	Berbeda signifikan

Perbandingan (V)	Selisih Rata-Rata ($\bar{X} = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 $)	Kesimpulan
4 dan 10	1	Berbeda signifikan
4 dan 12	1	Berbeda signifikan
4 dan 14	0,8	Berbeda signifikan
4 dan 16	1,2	Berbeda signifikan
4 dan 18	1,4	Berbeda signifikan
4 dan 20	1,4	Berbeda signifikan
6 dan 8	0,4	Tidak berbeda signifikan
6 dan 10	0,6	Tidak berbeda signifikan
6 dan 12	0,4	Tidak berbeda signifikan
6 dan 14	0,4	Tidak berbeda signifikan
6 dan 16	0,8	Berbeda signifikan
6 dan 18	1	Berbeda signifikan
6 dan 20	1	Berbeda signifikan
8 dan 10	0,2	Tidak berbeda signifikan
8 dan 12	0	Tidak berbeda signifikan
8 dan 14	0	Tidak berbeda signifikan
8 dan 16	0,4	Tidak berbeda signifikan
8 dan 18	0,6	Tidak berbeda signifikan
8 dan 20	0,6	Tidak berbeda signifikan
10 dan 12	0,2	Tidak berbeda signifikan
10 dan 14	0,2	Tidak berbeda signifikan
10 dan 16	0,2	Tidak berbeda signifikan
10 dan 18	0,4	Tidak berbeda signifikan
10 dan 20	0,4	Tidak berbeda signifikan
12 dan 14	0	Tidak berbeda signifikan
12 dan 16	0,4	Tidak berbeda signifikan
12 dan 18	0,6	Tidak berbeda signifikan
12 dan 20	0,6	Tidak berbeda signifikan
14 dan 16	0,4	Tidak berbeda signifikan

Perbandingan (V)	Selisih Rata-Rata ($\bar{X} = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 $)	Kesimpulan
14 dan 18	0,6	Tidak berbeda signifikan
14 dan 20	0,6	Tidak berbeda signifikan
16 dan 18	0,2	Tidak berbeda signifikan
16 dan 20	0,2	Tidak berbeda signifikan
18 dan 20	0	Tidak berbeda signifikan

Uji LSD dilakukan untuk memastikan setiap hasil uji yang dilakukan memiliki perbedaan yang signifikan. Tabel 4.8 menampilkan hasil rekapitulasi uji LSD yang dilakukan pada hasil pengukuran panjang gelombang maksimum spektra UV-Vis pada setiap sampel dari nanopartikel hasil sintesis pada variasi potensial.

Tabel 4. 8 Rekapitulasi hasil uji LSD λ_{maks} spektra UV-Vis setiap sampel pada variasi potensial.

Potensial(v)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
2	■	+	+	-	-	-	-	-	-	-
4	+	■	+	-	-	-	-	-	-	-
6	+	+	■	+	+	+	+	-	-	-
8	-	-	+	■	+	+	+	+	+	+
10	-	-	+	+	■	+	+	+	+	+
12	-	-	+	+	+	■	+	+	+	+
14	-	-	+	+	+	+	■	+	+	+
16	-	-	-	+	+	+	+	■	+	+
18	-	-	-	+	+	+	+	+	■	+
20	-	-	-	+	+	+	+	+	+	■

Keterangan Tabel :

(+) Tidak berbeda signifikan

(-) Berbeda signifikan

Tabel 4.8 menunjukkan hasil perbandingan nilai rata-rata setiap data yang dibandingkan dengan nilai LSD. Nilai seluruh data yang dibandingkan dengan nilai LSD yang dihitung pada Tabel 4.7 sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa potensial 2, 4 dan 6 V tidak memiliki perbedaan yang signifikan; kemudian potensial 8, 10, 12, 14, 16, 18 dan 20 V tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Potensial 2 dan 4 memiliki perbedaan yang signifikan dengan 8, 10, 12, 14, 16, 18 dan 20 V; dan potensial 6 V memiliki perbedaan yang signifikan dengan 16, 18 dan 20 V.

Berdasarkan hasil uji *ANOVA* dan *LSD* yang telah dilakukan, hasil pengukuran panjang gelombang maksimum spektra UV-VIS pada setiap masing-masing sampel nanopartikel dari variasi potensial secara umum tidak memiliki perbedaan signifikan dan memiliki karakteristik panjang gelombang maksimum yang sama untuk setiap sampel.

4.6.2. Variasi Konsentrasi Natrium Sitrat

Data λ_{maks} hasil pengukuran UV-Vis koloid Zn(OH)_2 variasi konsentrasi natrium sitrat ditunjukkan pada tabel 4.9. Hasil pengujian *ANOVA* dan pengujian *LSD* ditunjukkan pada Tabel 4.10 sampai 4.12 yang menampilkan hasil rekapitulasi uji *ANOVA* dan uji *LSD* pada setiap panjang gelombang maksimum spektra UV-Vis setiap sampel pada variasi konsentrasi natrium sitrat.

Tabel 4. 9 Data nilai λ_{maks} Hasil Pengukuran UV-Vis Koloid $Zn(OH)_2$ Nanopartikel Variasi Konsentrasi Natrium Sitrat yang disintesis pada potensial 20 V.

Konsentrasi (M)	A	B	C	D	E
0,01	222	223	222	223	223
0,02	226	226	226	225	226
0,03	228	227	228	227	227
0,04	230	228	230	229	239
0,05	230	229	230	230	230
0,06	230	230	230	230	230

Tabel 4.9 menunjukkan data keseluruhan panjang gelombang maksimum dari setiap sampel pada variasi konsentrasi konsentrasi natrium sitrat. Seluruh data panjang gelombang tersebut diuji ANOVA dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Tabel Uji ANOVA λ_{maks} spektra UV-Vis setiap sampel pada variasi konsentrasi natrium sitrat.

Anova: Single Factor

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Row 1	5	1130	226	0
Row 2	5	1135	227	0
Row 3	5	1140	228	0
Row 4	5	1147	229,4	0,3
Row 5	5	1150	230	0
Row 6	5	1150	230	0

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	70	5	14	280	1,86E-20	2,620654

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Within Groups	1,2	24	0,05			
Total	71,2	29				

Uji LSD λ_{maks} spektra UV-Vis $\text{Zn}(\text{OH})_2$ nanopartikel variasi konsentrasi natrium sitrat.

$$r = 5$$

$$df = 24$$

$$MS = 0,05$$

$$T \text{ kritis } (\alpha = 0,05) = 2,063899$$

$$\begin{aligned} \text{LSD} &= (t \alpha, \text{dfe}) \cdot \sqrt{\frac{2 (\text{MSE})}{r}} \\ &= 2,063899 \cdot \sqrt{\frac{2 (0,05)}{5}} \\ &= 0,694812 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil uji ANOVA yang dapat dilihat pada Tabel 4.4, seluruh hasil pengukuran panjang gelombang maksimum spektra UV-VIS setiap sampel yang diuji dari nanopartikel hasil sintesis pada setiap konsentrasi natrium sitrat memiliki perbedaan yang signifikan. Hal ini disebabkan karena F_{hitung} yang lebih besar dari pada F_{tabel} , sehingga H_0 ditolak, H_0 menyatakan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara panjang gelombang nanopartikel dari hasil sintesis pada setiap konsentrasi natrium sitrat yang digunakan. Tabel 4.11 menunjukkan selisih rata-rata panjang gelombang maksimum spektra UV-Vis pada setiap sampel hasil sintesis pada variasi konsentrasi natrium sitrat. Selisih rata-rata yang lebih kecil menyatakan tidak ada perbedaan yang signifikan dari sampel yang diuji dan begitupun sebaliknya.

Tabel 4. 11 Selisih rata-rata λ_{maks} nanopartikel variasi konsentrasi elektrolit.

Perbandingan (Konsentrasi)	Selisih Rata-Rata ($\bar{X} = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 $)	Kesimpulan
0,01 M dan 0,02 M	3,2	Berbeda signifikan
0,01 M dan 0,03 M	3,2	Berbeda signifikan
0,01 M dan 0,04 M	6,6	Berbeda signifikan
0,01 M dan 0,05 M	7,2	Berbeda signifikan
0,01 M dan 0,06 M	7,4	Berbeda signifikan
0,02 M dan 0,03 M	1,6	Berbeda signifikan
0,02 M dan 0,04 M	3,4	Berbeda signifikan
0,02 M dan 0,05 M	4	Berbeda signifikan
0,02 M dan 0,06 M	4,2	Berbeda signifikan
0,03 M dan 0,04 M	1,8	Berbeda signifikan
0,03 M dan 0,05 M	2,4	Berbeda signifikan
0,03 M dan 0,06 M	2,6	Berbeda signifikan
0,04 M dan 0,05 M	0,6	Tidak berbeda signifikan
0,04 M dan 0,06 M	0,8	Berbeda signifikan
0,05 M dan 0,06 M	0,2	Tidak berbeda signifikan

Uji LSD dilakukan untuk memastikan setiap hasil uji yang dilakukan memiliki perbedaan yang signifikan. Nilai seluruh data yang dibandingkan dengan nilai LSD yang dihitung pada Tabel 4.11. Tabel 4.12 menampilkan hasil rekapitulasi uji LSD yang dilakukan pada hasil pengukuran panjang gelombang maksimum spektra UV-Vis pada setiap sampel dari nanopartikel hasil sintesis pada variasi konsentrasi elektrolit.

Tabel 4.12 Rekapitulasi hasil uji LSD λ_{maks} spektra UV-Vis setiap sampel pada variasi konsentrasi natrium sitrat.

Konsentrasi (M)	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
0,01		-	-	-	-	-
0,02	-		-	-	-	-
0,03	-	-		-	-	-
0,04	-	-	-		+	-
0,05	-	-	-	+		+
0,06	-	-	-	-	+	

Keterangan tabel :

(+) Tidak berbeda signifikan

(-) Berbeda signifikan

Tabel 4.12 menunjukkan hasil perbandingan nilai rata-rata setiap data yang dibandingkan dengan nilai LSD. Nilai seluruh data yang dibandingkan dengan nilai LSD yang dihitung pada Tabel 4.11 dapat disimpulkan bahwa konsentrasi natrium sitrat 0,04 dan 0,05 M tidak memiliki perbedaan yang signifikan; kemudian konsentrasi elektrolit 0,04 M memiliki perbedaan yang signifikan dengan konsentrasi 0,01; 0,02; 0,03 dan 0,06 M. konsentrasi natrium sitrat 0,05 dan 0,06 M tidak memiliki perbedaan yang signifikan, tetapi memiliki perbedaan yang signifikan dengan konsentrasi 0,01; 0,02 dan 0,03 M.

Berdasarkan hasil uji ANOVA dan LSD yang telah dilakukan, hasil pengukuran panjang gelombang maksimum spektra UV-VIS pada setiap masing-masing sampel nanopartikel dari variasi konsentrasi natrium sitrat secara umum memiliki perbedaan signifikan dan tidak memiliki karakteristik panjang gelombang maksimum yang sama untuk setiap sampel.

4.6.3. Variasi Waktu Elektrolisis

Data λ_{maks} hasil pengukuran UV-Vis koloid $\text{Zn}(\text{OH})_2$ variasi potensial ditunjukkan pada tabel 4.13. Hasil pengujian ANOVA dan pengujian LSD ditunjukkan pada Tabel 4.14 dan 4.15. Tabel 4.16 menampilkan hasil rekapitulasi uji LSD pada setiap panjang gelombang maksimum spektra UV-Vis setiap sampel pada waktu elektrolisis.

Tabel 4. 13 Data nilai λ_{maks} Hasil Pengukuran UV-Vis Koloid $\text{Zn}(\text{OH})_2$ Nanopartikel yang disintesis menggunakan Natrium Sitrat 0,04 M pada Potensial 20 V dengan Variasi Waktu Elektrolisis 5-30 menit.

Waktu (menit)	A	B	C	D	E
5	226	226	226	226	226
10	227	227	227	227	227
15	228	228	228	228	228
20	229	229	229	230	230
25	230	230	230	230	230
30	230	230	230	230	230

Tabel 4.13 menunjukkan data keseluruhan panjang gelombang maksimum dari setiap sampel pada variasi waktu elektrolisis. Seluruh data panjang gelombang tersebut diuji ANOVA dan hasilnya ditunjukkan oleh Tabel 4.14.

Tabel 4. 14 Tabel Uji ANOVA λ_{maks} spektra UV-Vis setiap sampel pada variasi waktu elektrolisis.

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
Row 1	5	1113	222,6	0,3
Row 2	5	1129	225,8	0,2
Row 3	5	1137	227,4	0,3

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Row 4	5	1146	229,2	0,7
Row 5	5	1149	229,8	0,2
Row 6	5	1150	230	0

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	206,6667	5	41,33333	145,8824	3,79E-17	2,620654
Within Groups	6,8	24	0,283333			
Total	213,4667	29				

Uji LSD λ_{maks} spektra UV-Vis Zn(OH)₂ nanopartikel variasi waktu elektrolisis

$$r = 5$$

$$df = 24$$

$$MS = 0,283333$$

$$T \text{ kritis } (\alpha = 0,05) = 2,063899$$

$$\begin{aligned} \text{LSD} &= (t \alpha, dfe) \cdot \sqrt{\frac{2 (MSE)}{r}} \\ &= 2,063899 \cdot \sqrt{\frac{2 (0,283333)}{5}} \\ &= 0,291879 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil uji ANOVA yang dapat dilihat pada Tabel 4.14, seluruh hasil pengukuran panjang gelombang maksimum spektra UV-VIS setiap sampel yang diuji dari nanopartikel hasil sintesis pada setiap waktu elektrolisis memiliki perbedaan yang signifikan. Hal ini disebabkan karena F_{hitung} yang lebih besar dari pada F_{tabel} , sehingga H_0 ditolak, H_a menyatakan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara panjang gelombang maksimum nanopartikel dari hasil sintesis pada setiap waktu elektrolisis yang digunakan. Tabel

4.15 menunjukkan selisih rata-rata panjang gelombang maksimum spektra UV-Vis pada setiap sampel hasil sintesis pada variasi waktu elektrolisis. Selisih rata-rata yang lebih kecil menyatakan tidak ada perbedaan yang signifikan dari sampel yang diuji dan begitupun sebaliknya.

Tabel 4.15 Selisih rata-rata λ_{maks} nanopartikel variasi waktu elektrolisis

Perbandingan (menit)	Selisih Rata-Rata ($\bar{X} = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 $)	Kesimpulan
5 dan 10	1	Berbeda signifikan
5 dan 15	1	Berbeda signifikan
5 dan 20	3,4	Berbeda signifikan
5 dan 25	4	Berbeda signifikan
5 dan 30	4	Berbeda signifikan
10 dan 15	1	Berbeda signifikan
10 dan 20	2,4	Berbeda signifikan
10 dan 25	3	Berbeda signifikan
10 dan 30	3	Berbeda signifikan
15 dan 20	1,4	Berbeda signifikan
15 dan 25	2	Berbeda signifikan
15 dan 30	2	Berbeda signifikan
20 dan 25	0,6	Berbeda signifikan
20 dan 30	0,6	Berbeda signifikan
25 dan 30	0	Tidak berbeda signifikan

Uji LSD dilakukan untuk memastikan setiap hasil uji yang dilakukan memiliki perbedaan yang signifikan. Nilai seluruh data yang dibandingkan dengan nilai LSD yang dihitung pada Tabel 4.15. Tabel 4.16 menampilkan hasil rekapitulasi uji LSD yang dilakukan pada hasil pengukuran panjang gelombang maksimum spektra UV-Vis pada setiap sampel dari nanopartikel hasil sintesis pada variasi waktu elektrolisis.

Tabel 4. 16 Rekapitulasi hasil uji LSD λ_{maks} spektra UV-Vis setiap sampel pada variasi waktu elektrolisis.

Waktu Elektrolisis (menit)	5	10	15	20	25	30
5		-	-	-	-	-
10	-		-	-	-	-
15	-	-		-	-	-
20	-	-	-		-	-
25	-	-	-	-		+
30	-	-	-	-	+	

Keterangan tabel :

(+) Tidak berbeda signifikan

(-) Berbeda signifikan

Tabel 4.16 menunjukkan hasil perbandingan nilai rata-rata setiap data yang dibandingkan dengan nilai LSD. Nilai seluruh data yang dibandingkan dengan nilai LSD yang dihitung pada Tabel 4.15 dan dapat disimpulkan bahwa waktu elektrolisis 25 dan 30 menit tidak memiliki perbedaan yang signifikan dan memiliki perbedaan signifikan dengan waktu 5, 10, 15 dan 20 menit.

Berdasarkan hasil uji ANOVA dan LSD yang telah dilakukan, hasil pengukuran panjang gelombang maksimum spektra UV-VIS pada setiap masing-masing sampel nanopartikel dari variasi waktu elektrolisis secara umum memiliki perbedaan signifikan dan tidak memiliki karakteristik panjang gelombang maksimum yang sama untuk setiap sampel.

“Halaman ioni sengaja dikosongkan”.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa $\text{Zn}(\text{OH})_2$ nanopartikel dapat disintesis melalui metode elektrokimia dengan sel elektrolisis dengan larutan elektrolit natrium sitrat. Kondisi optimum untuk sintesis terjadi pada potensial 20 V dengan elektrolit natrium sitrat 0,04 M selama 20 menit. Nilai absorbansi pada kondisi ini adalah 2,753 pada panjang gelombang 229 nm. Karakterisasi menggunakan XRD menunjukkan pola difraktogram $\text{Zn}(\text{OH})_2$ nanopartikel dengan struktur *orthorhombic*. Partikel memiliki bentuk spherical (bulat). Ukuran partikel dari nanopartikel diperoleh 96,296 nm.

5.2. Saran

Pada penelitian ini telah dilakukan sintesis $\text{Zn}(\text{OH})_2$ nanopartikel dengan metode elektrokimia. Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan aplikasi seng nanopartikel yang dihasilkan dari metode ini.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”.

DAFTAR PUSTAKA

- Anandgaonker, P., Kulkarni, G., Gaikwad, S., dan Rajbhoj, A. (2015): Synthesis of TiO₂ nanoparticles by electrochemical method and their antibacterial application, *Arabian Journal of Chemistry*, <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.12.015>.
- Araoyinbo, A. O., Ahmad Fauzi, M. N., Sreekantan, S., dan Aziz, A. (2010): A novel process to produce nanoporous aluminum oxide using titration technique to prepare the neutral electrolyte, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 356(20), 1057–1060, <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2010.01.014>.
- Budipramana, Y., Ersam, T., Kurniawan, F., dan Suprpto (2014): Sythesis Nickel Hidroksida by Electrolysis at High Voltage, *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 9(11), 2074–2077.
- Cotton, F. A. (1990): *Chemical Application of Group Theory*, Third Edition, United State of America: John Wiley and Son.
- Dhayagude, A. C., Nikam, S. V., Kapoor, S., dan Joshi, S. S. (2017): Effect of electrolytic media on the photophysical properties and photocatalytic activity of zinc oxide nanoparticles synthesized by simple electrochemical method, *Journal of Molecular Liquids*, 232, 290–303, <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2017.02.074>.
- Ghaedi M., Naghiha R., Jannesar R., dehghanian N., Mirtamizdoust B., and pezeshkpour V., (2015): Antibacterial and antifungal activity of flower extracts of *Urtica dioica*, *Chamaemelum nobile* and *Salvia officinalis*: Effects of Zn[OH]₂ nanoparticles and Hp-2-minh on their property, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 32, 353–359

- Ghotbi, Mohammed Y. Synthesis and characterization of nano-sized ϵ -Zn(OH)₂ and its decomposed product, nano-zinc oxide. *Journal of Alloy and Compounds*. 491 (2010) 420–422.
- Hardjono, S. (1991): *Dasar-Dasar Spektroskopi*, Yogyakarta: UGM PRESS-Badan Penerbit dan Publikasi Universitas Gadjah Mada, diambil dari <http://ugmpress.ugm.ac.id/id/product/teknik-kimia/dasar-dasar-spektroskopi>.
- Haryono, A., Sondari, D., Harnami, S. B., dan Randy, M. (2008): SISTESA NANOPARTIKEL PERAK DAN POTENSI APLIKASINYA, *Journal of Industrial Research (Jurnal Riset Industri)*, 2(3), diambil dari <http://ejournal.kemenperin.go.id/jri/article/view/33>.
- Hussein M.Z.B., Ghotbi M.Y., Yahaya A.H., Abd Rahman M.Z., (2009), *Solid State Sci.* 11, 368–374
- Iriarte G.F., (2010): Using Transmission Electron Microscopy (TEM) for Chemical Analysis of Semiconductors, *Microscopy: Science, Technology, Applications and Education* A. Méndez-Vilas and J. Díaz (Eds.), 1888–1896
- Khopkar S. M. (1990): *Konsep dasar kimia analitik*, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Kolo M M., (2016): *Sintesis Nanopartikel Aluminium Oksida dengan Metode Elektrokimia* (Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Koryta, J., Dvorak, J., dan Kavan, L. (1993): *Principles of Electrochemistry*, Second Edition, New York: John Wiley and Son, inc.
- Liang C., Shimizu Y., Masuda M and Koshizaki N., (2004): Preparation of layered zinc hydroxide/ surfactant nano composite by pulsed-laser ablation in a liquid medium, *Chem. Mater.* **16**, 963–965.

- Malvern Instrument Ltd. (2017). ZETASIZER NANO Series PERFORMANCE, SIMPLICITY, VERSATILITY <URL : <http://www.malvern.com/>>
- Merck, (2004), Merck Chemical Indonesia <URL: <http://www.merckchemicals.co.id/>>
- Mikrajuddin, A., Yudistira, V., Nirmin, dan Khairurrijal (2008): Review : Sintesis nanomaterial, *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, 1(2).
- Miller, J.N. dan Miller, J.C., 2005. Statistics and chemometrics for analytical chemistry. Pearson Education.
- Mosayebi Elham., Azizian Saeid and Hajian Ali., (2015): Synthesis of nanostructured and microstructured ZnO and Zn(OH)₂ on activated carbon cloth by hydrothermal and microwave-assisted chemical bath deposition method, Superlattices and Microstructures 81, 226–232
- Patnaik, Pradyot Ph.D. (2003): Handbook of Inorganic Chemicals. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc. ISBN 0-07-049439-8.
- Polte, J., Ahner, T. T., Delissen, F., Sokolov, S., Emmerling, F., Thünemann, A. F., dan Kraehnert, R. (2010): Mechanism of Gold Nanoparticle Formation in the Classical Citrate Synthesis Method Derived from Coupled In Situ XANES and SAXS Evaluation, *Journal of the American Chemical Society*, 132(4), 1296–1301, <https://doi.org/10.1021/ja906506j>.
- Qurrotul H, H., dan Kurniawan F., F. (2011): *Optimasi Konsentrasi Na-Sitrat dan Pengaruh Potensial Dalam Sintesis Emas Nanopartikel*, Surabaya: Jurusan Kimia FMIPA-ITS.
- Rahmi R, dan Kurniawan F (2017): Synthesis of SnO₂ Nanoparticles by High Potential Electrolysis, *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 12(2),

281–286, <https://doi.org/10.9767/bcrec.12.2.773.281-286>.

- Riyanto (2013): Elektrokimia dan aplikasinya / Riyanto, Elektrokimia dan aplikasinya / Riyanto, 1. *ELEKTROKIMIA*
2. *ELEKTROPLATING, Elektrokimia dan aplikasinya / Riyanto, Elektrokimia dan aplikasinya / Riyanto, 2013(2013), 1–99, <https://doi.org/2013>*.
- Romano-Rodriguez, A.; Perez-Rodriguez, A.; Serre, C.; Calvo-Barrio, L.; Bachrouri, A.; Gonzalez-Varona, O.; Morante, J. R.; Kögler, R.; Skorupa, W. TEM characterization of carbon ion implantation into epitaxial Si_{1-x}Gex. *Mater. Sci. Forum* **2001**, 353, 559–562.
- Sitti Rahmah., Kurniawan F. Electrochemical Methods for Manufacturing Silver Nanoparticles. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, volume 100. 5th South East Asia Development Research (SEA-DR) International Conference. Atlantis Press (2017).
- Skoog, D. A., Donald M., W., F. James, H., dan Stanley R., C. (2014): *Fundamentals of Analytical Chemistry*, 9 th.
- Skoog, D. A., Holler, F., dan Crouch (2007): *Principles of Instrumental Analysis*, 6 th, Canada: Thomson Higher Education.
- Taton, T. A. (2002): *Nanoscale Materials in Chemistry* Edited by Kenneth J. Klabunde (Kansas State University). Wiley-Interscience: New York. 2001. xi + 292 pp. \$99.95. ISBN: 0-471-38395-3., *Journal of the American Chemical Society*, 124(35), 10629–10630, <https://doi.org/10.1021/ja0252072>.
- Wang, J. (2006): *Analytical Electrochemistry*, Third Edition, New York: A John Wiley & Sons, Inc.

Williams, L.J. dan Abdi, H., 2010. Fisher's least significant difference (LSD) test. *Encycl. Res. Des.* 218: 840–853.

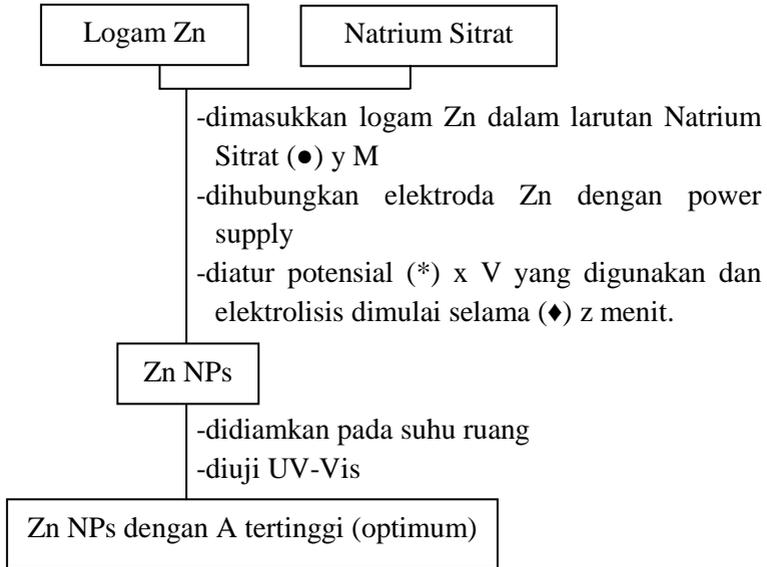
Xing Li-li, Bing Yuan, Shu-Xin Hu, Yu-Dong Zhang, Ying Lu, Zhen-Hong Mai, and Ming Li., (2008): Electrochemical Synthesis of Highly Oriented Layered Zinc Hydroxide with Intercalated *p*-Aminobenzoic Acid, *J. Phys. Chem. C*, 112, 3800-3804.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A : SKEMA KERJA

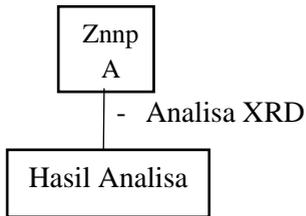
1. Sintesis $Zn(OH)_2$ nanopartikel dan analisa UV-Vis



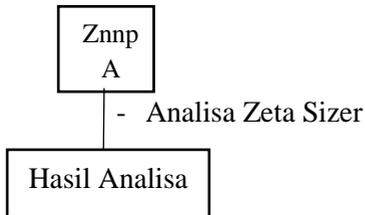
Keterangan:

- * Potensial (x V) yang digunakan dimulai dari 2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18 dan 20 V.
- Konsentrasi (y M) yang digunakan dimulai dari 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05 dan 0,06 M
- ◆ Waktu elektrolisis (z menit) yang digunakan dimulai dari 5; 10; 15; 20; 25 dan 30 menit.

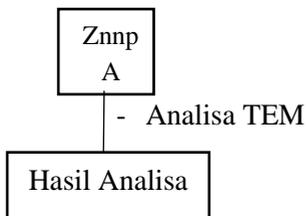
2. Karakterisasi Zn(OH)₂ Nanopartikel dengan menggunakan XRD



3. Karakterisasi Zn(OH)₂ Nanopartikel dengan menggunakan Zeta Sizer



4. Karakterisasi Zn(OH)₂ Nanopartikel dengan menggunakan TEM (Transmission Elektron Microscopy)



LAMPIRAN B : DATA ABSORBANSI

Tabel B. 1 Data Absorbansi Koloid $Zn(OH)_2$ Nanopartikel Variasi Potensial.

Potensial (V)	A	B	C	D	E
2	0,27	0,232	0,199	0,296	0,305
4	0,563	0,467	0,501	0,825	0,678
6	0,574	0,613	0,634	1,102	0,961
8	0,682	0,607	0,739	1,238	1,33
10	0,834	0,763	0,914	1,248	1,324
12	0,732	0,889	0,846	1,207	1,346
14	0,763	0,577	1,048	1,49	1,169
16	0,763	0,72	1,092	1,286	1,503
18	0,739	0,846	1,021	1,681	1,869
20	0,864	1,087	1,593	1,931	1,906

Tabel B. 2 Data Absorbansi Koloid $Zn(OH)_2$ Nanopartikel Variasi Konsentrasi.

Konsentrasi (M)	A	B	C	D	E
0,01	1,824	1,951	1,81	1,034	1,908
0,02	1,826	2,048	2,078	1,615	1,658
0,03	2,038	2,284	2,424	1,793	2,385
0,04	2,705	2,426	2,863	2,804	2,915
0,05	2,445	2,592	2,559	2,313	3,149
0,06	3,224	3,342	3,375	2,931	3,441

Tabel B. 3 Data Absorbansi Koloid Zn(OH)₂ Nanopartikel
Variasi Waktu Elektrolisis.

Waktu (menit)	A	B	C	D	E
5	0,375	0,617	0,477	0,498	0,377
10	1,112	1,205	1,239	1,234	1,285
15	2,127	2,043	2,049	2,153	1,987
20	2,753	2,094	2,256	2,989	3,121
25	2,839	3,245	3,224	3,259	3,506
30	3,465	2,744	3,279	3,901	3,385

LAMPIRAN C : MASSA LOGAM Zn YANG TERLARUT

Tabel C. 1 Massa Logam Zn yang Terlarut Koloid Zn(OH)₂
Nanopartikel Variasi Potensial

Potensial (V)	Massa (gram)					Rata- Rata	Standar Deviasi
	A	B	C	D	E		
2	0,0039	0,0037	0,0034	0,004	0,0044	0,0039	0,0004
4	0,0087	0,0092	0,0090	0,0088	0,0085	0,0088	0,0003
6	0,0098	0,0101	0,0104	0,0111	0,0107	0,0104	0,0005
8	0,0129	0,0126	0,0131	0,0135	0,0139	0,0132	0,0005
10	0,0143	0,0139	0,0145	0,0147	0,0149	0,0145	0,0004
12	0,0147	0,0152	0,0149	0,0157	0,0158	0,0153	0,0005
14	0,0159	0,0157	0,0161	0,0163	0,0167	0,0161	0,0004
16	0,0171	0,0168	0,0174	0,0176	0,0179	0,0174	0,0004
18	0,0175	0,0179	0,0183	0,0185	0,0185	0,0181	0,0004
20	0,0194	0,0196	0,0198	0,0201	0,0198	0,0197	0,0003

Tabel C. 2 Massa Logam Zn yang Terlarut Koloid Zn(OH)₂
Nanopartikel Variasi Konsentrasi.

Konsentrasi (M)	Massa (gram)					Rata- Rata	Standar deviasi
	A	B	C	D	E		
0,01	0,019	0,0185	0,0181	0,0183	0,0189	0,0186	0,0004
0,02	0,0198	0,0201	0,0194	0,0193	0,0197	0,0197	0,0003
0,03	0,0217	0,0219	0,0223	0,0214	0,0222	0,0219	0,0004
0,04	0,0239	0,0234	0,0231	0,0238	0,0232	0,0235	0,0004
0,05	0,0278	0,0284	0,0281	0,0276	0,0286	0,0281	0,0004
0,06	0,031	0,0316	0,0313	0,0309	0,0318	0,0313	0,0004

Tabel C. 3 Massa Logam Zn yang Terlarut Koloid Zn(OH)₂
Nanopartikel Variasi Waktu Elektrolisis.

Waktu (menit)	Massa (gram)					Rata- Rata	Standar deviasi
	A	B	C	D	E		
5	0,0109	0,0119	0,0114	0,0117	0,0111	0,0114	0,0004
10	0,0158	0,0163	0,0168	0,0166	0,0169	0,0165	0,0004
15	0,0237	0,0234	0,0236	0,0239	0,0231	0,0235	0,0003
20	0,0258	0,0252	0,0256	0,0259	0,0261	0,0257	0,0003
25	0,0303	0,0307	0,0305	0,0309	0,0311	0,0307	0,0003
30	0,0348	0,0343	0,0345	0,0351	0,0346	0,0347	0,0003

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Ponorogo, 23 Juli 1995 dengan nama lengkap Bahrul Ulum. Penulis menempuh pendidikan formal di SD Negeri Jingglong 1, SMP Negeri 1 Ponorogo dan SMA Muhammadiyah 1 Ponorogo. Setelah lulus dari SMA pada tahun 2013, penulis mengikuti SBMPTN dan diterima di jurusan Kimia ITS Surabaya dengan NRP 01211340000056. Di Jurusan Kimia ini, penulis mengambil bidang minat Kimia Instrumentasi dan Sains Analitik dibawah bimbingan Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si dan Dra. Ita Ulfin M.Si. Penulis pernah aktif organisasi di Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMKA) sebagai staf Student Passion Development pada tahun 2014-2015 dan sebagai kepala Bidang Dalam Negeri pada tahun 2015-2016. Selama kuliah penulis juga aktif pada UKM jurusan seperti Chemistry Futsal Club (CFC), Chemistry Basket and Rebound (CARBON), Volley of Chemistry (VOC), dan Chemistry Adventure Society (CAS). Selain itu penulis pernah kerja praktek di Laboratorium Departemen Research and Development PT Djarum, Kudus pada bulan Juli 2016. Penulis dapat dihubungi melalui email Bahrul13@mhs.chem.its.ac.id