



**SINTESIS LAPIS TIPIS $Zn_{1-x}Ni_xO$ SEBAGAI MATERIAL FOTOKATALIS
PENDEGRADASI PEWARNA TEKSTIL**

SKRIPSI

Oleh

**Achmad Zainur Roziqin
NIM 101810301040**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**SINTESIS LAPIS TIPIS $Zn_{1-x}Ni_xO$ SEBAGAI MATERIAL FOTOKATALIS
PENDEGRADASI PEWARNA TEKSTIL**

SKRIPSI

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

Oleh

Achmad Zainur Roziqin
NIM 101810301040

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2017

Untuk Abah ku tercinta

Di alam sana

Yang sangat ingin melihatku wisuda

Namun tak kan pernah bisa ku penuhi itu

“Barang siapa menempuh jalan guna mencari ilmu, maka Allah memudahkan baginya jalan menuju surga.” (HR Muslim).

*“Tidaklah masalah seberapa lambat anda bisa berjalan, asalkan anda tidak berhenti”
- Confucius -*

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Achmad Zainur Roziqin

NIM : 101810301040

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Sintesis Lapis Tipis $Zn_{1-x}Ni_xO$ sebagai material Fotokatalis Pendegradasi Pewarna Tekstil” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 13 Juni 2017

Yang menyatakan,

Achmad Zainur Roziqin

NIM 101810301040

SKRIPSI

**SINTESIS LAPIS TIPIS $Zn_{1-x}Ni_xO$ SEBAGAI MATERIAL FOTOKATALIS
PENDEGRADASI PEWARNA TEKSTIL**

Oleh

Achmad Zainur Roziqin
NIM 101810301040

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama: Tanti Haryati, S.Si, M.Si
Dosen Pembimbing Anggota: Novita Andarini, S.Si, M.Si

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Sintesis Lapis Tipis $Zn_{1-x}Ni_xO$ Sebagai Material Fotokatalis Pendegradasi Pewarna Tekstil” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada:

Hari, tanggal :

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Tim Penguji;

Ketua (DPU),

Sekretaris (DPA),

Tanti Haryati, S.Si., M.Si
NIP. 198010292005012002

Novita Andarini, S.Si., M.Si
NIP. 197211122000032001

Penguji I,

Penguji II

Tri Mulyono, S.Si., M.Si
NIP. 196810201998021002

Yeni Maulidah Muflihah, S.Si., M.Si
NIP. 198008302006042002

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Drs. Sujito, Ph.D
NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

Sintesis Lapis Tipis $Zn_{1-x}Ni_xO$ Sebagai Material Fotokatalis Pendegradasi Pewarna Tekstil: Achmad Zainur Roziqin, 101810301040; 2017: 33 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Limbah cair anorganik yang tak mampu didegradasi oleh mikroorganisme yang tiap hari jumlahnya semakin bertambah, sehingga hal ini cukup membahayakan lingkungan. Salah satu teknik yang dapat digunakan untuk menanggulangi limbah-limbah tersebut yaitu dengan metode fotodegradasi katalitik, metode penguraian limbah menggunakan material semikonduktor dengan bantuan paparan sinar ultraviolet (UV). Salah satu material fotokatalitik yang digunakan untuk proses pendegradasian suatu senyawa yaitu zink oksida (ZnO). Dalam penelitian ini material ZnO di *doping* dengan ion logam Ni dengan tujuan meningkatkan kinerja fotokatalis tersebut dalam mendegradasi limbah seperti pewarna tekstil. Metode sintesis yang digunakan yaitu deposisi kimia, suatu metode yang dapat mensintesis material semikonduktor dan sekaligus melekatkannya pada suatu media membentuk suatu lapisan tipis. Lapis tipis ZnO *doping* Ni dideposisikan pada permukaan dalam suatu botol kaca yang kemudian digunakan sebagai reaktor untuk pendegradasian zat warna *procion red* MX-8B dalam paparan lampu sinar UV. Pengaruh dari variasi banyaknya penambahan ion nikel terhadap struktur dan komposisi dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (X-RD) dan *X-Ray Fluoresence* (X-RF). Kinerja dari lapis tipis $Zn_{(1-x)}Ni_xO$ sebagai fotokatalitik dipelajari melalui % degradasi yang ditentukan dengan menggunakan spektrofotometer UV/Vis.

Lapis tipis ZnO disintesis dengan menggunakan prekursor $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ dalam suasana basa (basa menggunakan metenamin). Lapis tipis ZnO *doping* Ni dibuat dengan menambahkan $NiCl_2 \cdot 6H_2O$ pada campuran larutan $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ dan metenamin pada sebuah botol kaca. Variasi jumlah $NiCl_2 \cdot 6H_2O$ yang digunakan yaitu 1, 3, 5 dan 7% (persen mol Ni terhadap total mol Ni^{2+} dan Zn^{2+}).

Botol kaca yang telah ditutup rapat kemudian dipanaskan dalam oven selama 6 jam pada suhu 90°C. Terakhir, sisa larutan dalam botol dibuang secara perlahan sehingga menyisakan lapisan tipis berwarna putih yang terbentuk merata di permukaan dalam botol.

Hasil dari karakterisasi XRF menyatakan bahwa Ion Ni^{2+} telah berhasil didoping pada kristal ZnO dengan kisaran persentase 0,13 - 0,23 %. Difraktogram hasil uji XRD pada lapis tipis ZnO doping ion Ni^{2+} memiliki posisi puncak (2θ) yang mirip dengan ZnO tanpa doping. Semakin banyak ion dopan Ni^{2+} yang digunakan maka semakin tinggi intensitas puncak-puncak tersebut dan diiringi dengan penurunan ukuran kristal ZnO. Penambahan ion dopan Ni^{2+} pada lapis tipis ZnO meningkatkan aktivitas fotokatalis lapis tipis ZnO dalam mendegradasi *Procion Red* MX 8-B. Aktivitas fotokatalis optimum didapatkan pada lapis tipis dengan komposisi 5% Ni. Maka dapat disimpulkan dalam penelitian ini, semakin tinggi persentase ion dopan Ni^{2+} pada lapis tipis ZnO semakin tinggi pula aktivitas fotokatalis $\text{Zn}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}$ yang dihasilkan.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sintesis Lapis Tipis $Zn_{1-x}Ni_xO$ Sebagai Material Fotokatalis Pendegradasi Pewarna Tekstil”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Drs. Sujito, Ph.D selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si, selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Tanti Haryati, S.Si., M.Si dan Novita Andarini, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing yang telah sangat sabar membimbing penulis dari awal hingga akhir pengerjaan skripsi ini;
4. Tri Mulyono, S.Si., M.Si, dan Yeni Maulidah Muflihah, S.Si., M.Si selaku Dosen Penguji yang telah memberikan banyak masukan dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
5. Drh. Wury Handayani, M.Si. sebagai dosen pembimbing akademik yang selalu memberi saran dan motivasi kepada penulis selama menjalani perkuliahan;
6. Wawan Badrianto, dan Reksi Bayu Murti atas bantuan yang telah diberikan selama ini;
7. Erisa Mutia Rani Suyitno, atas doa, dorongan, semangat dan perhatian penuh yang telah diberikan sampai saat ini;
8. Teman-teman angkatan 2010 *aka* Rumpis yang berjuang bersama-sama dalam menjalani beratnya kegiatan perkuliahan di Jurusan Kimia

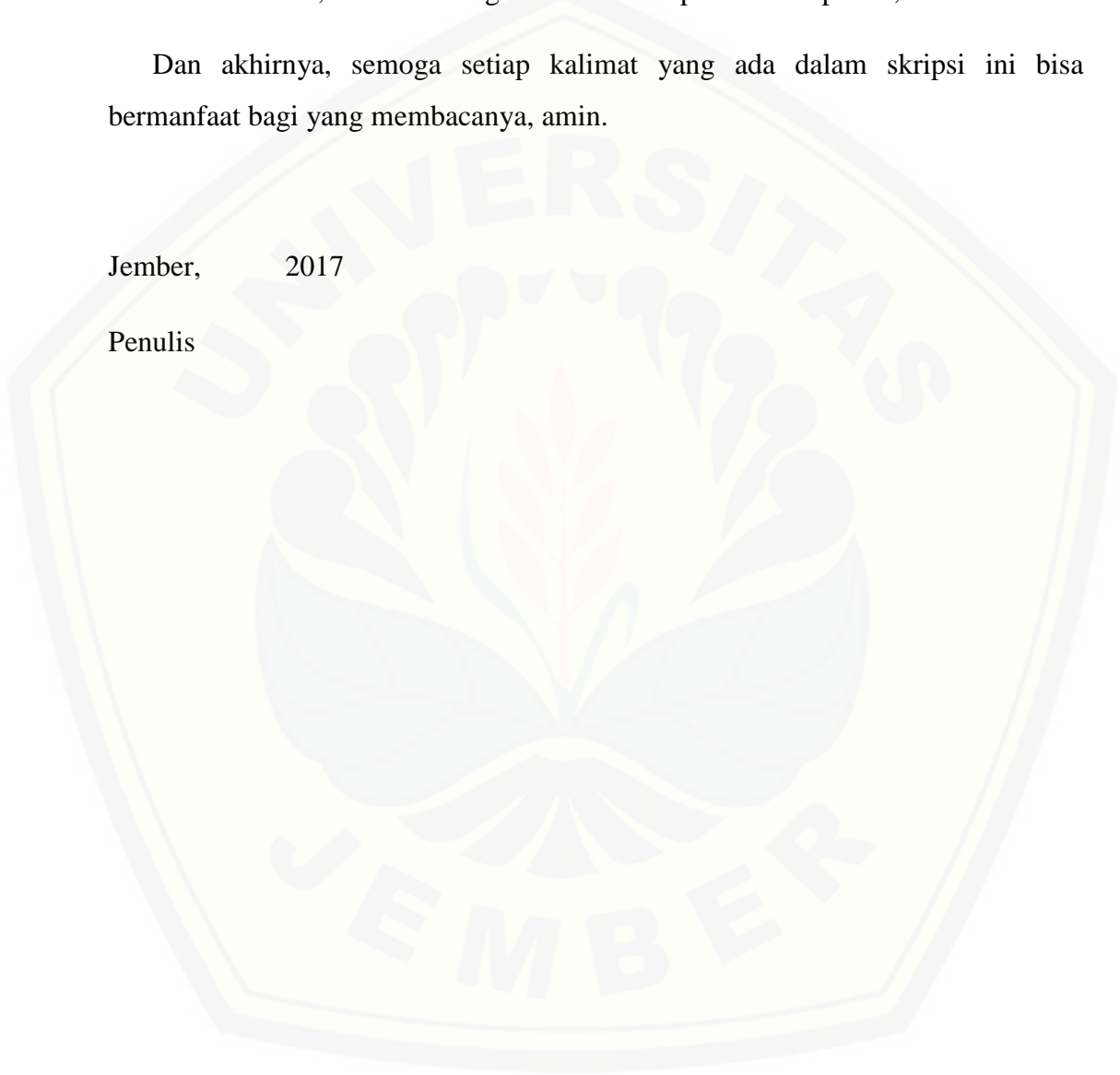
Universitas Jember. Walaupun nama kalian tidak disebutkan satu per satu namun yakinlah bahwa kalian terwakili di halaman ini.

9. Najibur Rochim, Achmad Jazuli, Zaenal Arifin dan semua teman-teman Kost Kelinci 10B, terima kasih atas kebersamaan yang telah kita jalani selama ini, semua kenangan ini tak akan pernah terlupakan;

Dan akhirnya, semoga setiap kalimat yang ada dalam skripsi ini bisa bermanfaat bagi yang membacanya, amin.

Jember, 2017

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	iv
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Fotokatalis	5
2.2 Mekanisme Fotokatalis	5
2.3 Semikonduktor ZnO	8
2.4 Doping Logam Nikel	9
2.5 Pewarna Procion Red MX-8B	10
2.6 Karakterisasi XRD dan XRF	11
2.6.1 <i>X-Ray Diffraction</i>	11
2.6.2 <i>X-Ray Fluoresence</i>	12
2.7 Spektrometri	12
2.7.1 Spektrometer UV-Vis	13

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan	14
3.2.1 Alat	14
3.2.2 Bahan	14
3.3 Diagram Alir Penelitian	15
3.4 Prosedur Pembuatan Larutan	15
3.4.1 Pembuatan ZnO tanpa <i>doping</i> Ni	15
3.4.2 Pembuatan ZnO dengan <i>doping</i> Ni	15
3.5 Prosedur Penelitian	16
3.5.1 Sintesis lapis tipis ZnO	16
3.5.2 Sintesis lapis tipis ZnO <i>doping</i> Ni ²⁺	17
3.5.3 Karakterisasi lapis tipis ZnO dan ZnO <i>doping</i> Ni ²⁺	17
3.5.4 Uji aktivitas fotokatalis ZnO pada pewarna tekstil <i>procion red MX8B</i>	18
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Hasil Sintesis Lapis Tipis ZnO dan Zn_{1-x}Ni_xO	19
4.2 Pengaruh Ion Dopan Ni²⁺ Terhadap Hasil XRD	20
4.3 Pengaruh Ion Dopan Ni²⁺ Terhadap Hasil XRF	24
4.4 Pengaruh Ion Dopan Ni²⁺ Terhadap Aktivitas Fotokatalis ZnO	25
4.4.1 Variasi konsentrasi ion <i>dopan</i> Ni ²⁺	27
BAB 5. PENUTUP	30
5.1 Kesimpulan	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN	35

DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Variasi penambahan doping Ni	16
4.1 Data ukuran kristal (d) $Zn_{1-x}Ni_xO$ variasi konsentrasi ion <i>doping</i> Ni^{2+}	23
4.2 Hasil analisa XRF lapis tipis ZnO dengan variasi jumlah ion <i>dopan</i> Ni^{2+}	24
4.3 Aktivitas fotokatalis dengan variasi <i>doping</i> Ion Ni^{2+}	28

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Peristiwa eksitasi dan de-eksitasi pada TiO ₂ dibawah sinar UV	6
2.2 Perbandingan energi <i>bandgap</i> antara konduktor, semikonduktor dan isolator.	8
2.3 (a) Struktur kristal ZnO <i>wurtzite</i> ; dan (b) Pola difraksi sinar-X ZnO	9
2.4 Struktur <i>Procion Red MX-8B</i>	10
2.5 Difraksi sinar X pada suatu kristal	11
2.6 Susunan dasar dari komponen spektrofotometer UV/Vis	13
3.1 Diagram alir penelitian	15
3.2 Media pembentukan lapis tipis Zn _{1-x} Ni _x O	16
4.1 Lapis tipis ZnO	20
4.2 Pola difraksi lapis tipis ZnO dan Zn _{0,97} Ni _{0,03} O	21
4.3 Pola difraksi lapis tipis ZnO dan dengan variasi jumlah ion <i>dopan</i> Ni ²⁺	22
4.4 Scanning panjang gelombang sebelum dan setelah didegradasi	26
4.5 Persen degradasi berdasarkan kenaikan konsentrasi ion dopan Ni ²⁺	28
4.6 Prubahan nilai energi celah pita sebelum dan setelah didoping ion nikel	39

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1) Pembuatan larutan metenamin 0,1M	35
2) Pembuatan larutan $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	35
3) Sintesis lapis tipis ZnO doping Ni^{2+}	35
4) <i>Scanning</i> panjang gelombang pewarna tekstil <i>Procion Red MX-8B</i> . 35	35
5) Pembuatan kurva kalibrasi	36
6) Data hasil pengukuran fotodegradasi $\text{Zn}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}$ terhadap pewarna tekstil Procion Red MX-8B	36
7) Gambar lapis tipis ZnO doping Ni yang terbentuk pada permukaan dalam botol kaca	38
8) Data hasil analisis XRF $\text{Zn}_{0,99}\text{Ni}_{0,01}\text{O}$	39
9) Data hasil analisis XRF $\text{Zn}_{0,97}\text{Ni}_{0,03}\text{O}$	42
10) Data hasil analisis XRF $\text{Zn}_{0,95}\text{Ni}_{0,05}\text{O}$	45
11) Data hasil analisis XRF $\text{Zn}_{0,93}\text{Ni}_{0,07}\text{O}$	48

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Perkembangan industri tekstil yang kini sangat pesat diiringi dengan semakin banyaknya limbah cair anorganik yang dilepaskan ke lingkungan dimana limbah tersebut tidak dapat didegradasi oleh mikroorganisme sehingga berbahaya bagi lingkungan (Wijaya, *et al.* 2005). Salah satu teknik yang dapat digunakan untuk menanggulangi limbah pewarna tekstil tersebut yaitu dengan metode fotodegradasi katalitik, metode ini menggunakan material semikonduktor dengan bantuan paparan sinar ultraviolet (UV) (Gunlazuardi, 2001). Material semikonduktor yang sering digunakan dan sudah dikenal luas yaitu TiO_2 (Titanium Dioksida). TiO_2 merupakan semikonduktor dengan *gap* energi yang lebar (3,2 eV) dan aktif pada rentang cahaya UV (Linsebigler, *et al.*, 1995). Material lain yang juga memiliki *band gap* yang hampir mirip yaitu zink oksida (ZnO). ZnO adalah salah satu material semikonduktor untuk solar sel yang memiliki energi *band gap* yang besar (3,37 eV). ZnO juga digunakan sebagai material fotokatalis karena *band gap*nya juga sesuai untuk panjang gelombang sinar UV (Wijaya, *et al.* 2005).

Material fotokatalitik untuk proses pendegradasian suatu senyawa biasanya berupa serbuk atau lapisan tipis. Lapisan tipis dibuat dengan mendeposisikan material katalitik pada sebuah substrat kaca. Haryati (2014) menyebutkan bahwa ZnO bisa merekat dengan sangat kuat di permukaan kaca melalui proses deposisi kimia. Prekursor yang digunakan berupa $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ yang diubah menjadi ZnO dalam suasana basa.

Fotokatalis ZnO dengan tambahan *doping* berupa ion logam dengan tujuan agar dapat meningkatkan kinerja fotokatalis tersebut dalam mendegradasi suatu senyawa misalnya pewarna tekstil, logam-logam yang baik digunakan sebagai *doping* antara lain platina, molibdenum dan paladium, karena logam-logam ini mempunyai aktivitas fotokatalitik yang baik (Yao, 2010), namun dikarenakan harga platina, molibdenum dan paladium cukup mahal, maka pada penelitian ini

logam yang digunakan adalah nikel. Selain itu berdasarkan ukuran dari ion Ni^{2+} dan Zn^{2+} hampir sama yaitu masing-masing 0,69 Å dan 0,74 Å (Hu, *et al.*, 2012).

Fotokatalis dengan *doping* logam nikel telah banyak diteliti, salah satunya yaitu penelitian material fotokatalis berupa kombinasi $\text{Ni}^{2+}/\text{ZnO}$ dengan metode presipitasi kimia dalam suasana basa yang telah dilakukan oleh Ningsih (2012). Dari penelitian tersebut didapatkan bahwa fotokatalis ZnO dengan *doping* Ni^{2+} menghasilkan persen degradasi sebesar 80% sementara ZnO tanpa *doping* 50%, hal ini dikarenakan dengan adanya ion *doping* Ni^{2+} maka laju rekombinasi akan berkurang yang disebabkan oleh terbentuknya sub *band gap* pada saat proses *doping*. Selain itu, semakin besar konsentrasi ion yang *didoping*, maka semakin kecil energi celah pita yang membuat semakin mudahnya eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi (Ningsih, 2012). Penelitian lain juga telah dilakukan oleh Zhao, *et. al* (2011) yaitu sintesis $\text{Zn}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}$ berbentuk *nanorod* (batang nano) dengan menggunakan metode hidrotermal sederhana. Aktivitas fotokatalis dari $\text{Zn}_{1-x}\text{Ni}_x\text{O}$ didapatkan dengan mempelajari laju penguraian rhodamin B pada paparan radiasi sinar UV. Dari beberapa komposisi dopan Ni yang digunakan (0, 2, 5, 10%), didapatkan bahwa $\text{Zn}_{0,95}\text{Ni}_{0,05}\text{O}$ adalah fotokatalis yang memiliki aktivitas terbesar.

Beberapa metode sintesis material semikonduktor telah dikembangkan, salah satunya yaitu metode sol-gel seperti yang telah dilakukan oleh Hu, *et al.*, (2012). Metode sol-gel ini memanfaatkan perubahan fase zat dari sol ke gel untuk menghasilkan material semikonduktor. Metode alternatif yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode deposisi kimia, suatu metode yang dapat mensintesis material semikonduktor dan sekaligus melekatkannya pada suatu media membentuk suatu lapisan tipis. Metode ini dipilih karena prosesnya yang relatif lebih sederhana dan membutuhkan waktu yang lebih singkat.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka dalam penelitian ini akan disintesis material fotokatalis berupa lapis tipis ZnO yang *didoping* dengan ion Ni^{2+} dan dideposisikan pada permukaan dalam botol kaca. Botol kaca tersebut kemudian digunakan sebagai reaktor untuk pendegradasian zat warna *procion red* MX-8B dalam paparan lampu UV. Pengaruh dari variasi banyaknya penambahan ion nikel

terhadap struktur dan komposisi dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (X-RD) dan *X-Ray Fluoresence* (X-RF). Kinerja dari lapis tipis $Zn_{(1-x)}Ni_xO$ sebagai fotokatalitik dipelajari melalui % degradasi yang ditentukan dengan menggunakan spektrofotometer UV/Vis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana pengaruh penambahan ion *dopan* Ni^{2+} terhadap hasil karakterisasi (X-RD dan X-RF) lapis tipis ZnO?
2. Bagaimana pengaruh penambahan ion *dopan* Ni^{2+} terhadap aktivitas fotokatalis ZnO?

1.3 Batasan masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu pewarna tekstil yang digunakan untuk menguji aktivitas fotokatalis ZnO adalah *Procion Red MX 8-B*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui pengaruh penambahan ion *dopan* Ni^{2+} terhadap hasil karakterisasi (X-RD dan X-RF) lapis tipis ZnO.
2. Mengetahui pengaruh penambahan ion *dopan* Ni^{2+} terhadap aktivitas fotokatalis.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain:

1. Sebagai alternatif dalam pendegradasian limbah pewarna tekstil.
2. Untuk menambah khasanah ilmu pengetahuan tentang pendegradasian limbah pewarna menggunakan material fotokatalitik.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Fotokatalis

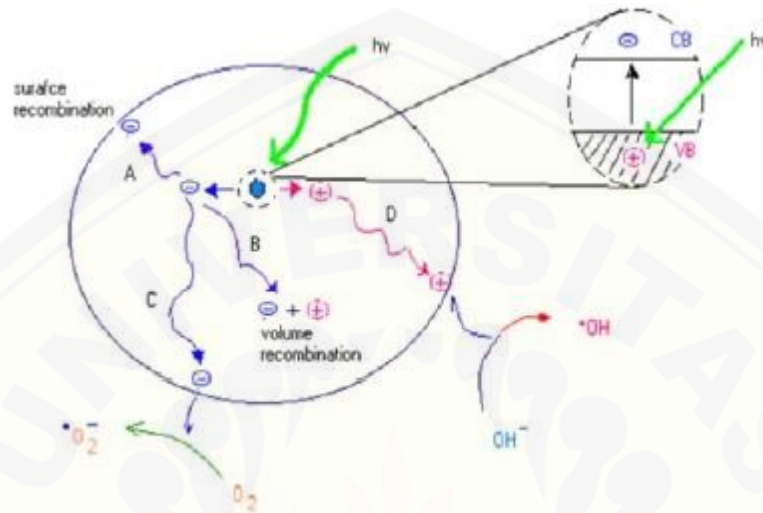
Fotokatalis secara umum didefinisikan sebagai proses reaksi kimia yang dibantu oleh cahaya dan katalis padat seperti semikonduktor. Dimana dalam langkah reaksinya melibatkan pasangan *electron-hole* (e^- dan h^+) (Arutanti, et al. 2009). Proses kimia zat-zat berbahaya menjadi zat-zat yang lebih ramah lingkungan. Fotokatalis menghasilkan permukaan yang bersifat sebagai pengoksidasi yang kuat sehingga dapat digunakan untuk mengurangi zat-zat yang berbahaya seperti senyawa organik atau bakteri ketika dikenakan cahaya matahari atau lampu yang berpijar (Qi & Chi, 2010).

Suatu sistem fotokatalis terdiri dari partikel semikonduktor yang dapat bereaksi dengan medium cairan maupun gas. Proses didalam fotokatalis adalah jika partikel semikonduktor berada didalam cairan maupun gas yang dikenai cahaya UV baik berasal dari cahaya matahari maupun lampu UV, maka akan menghasilkan pasangan elektron dan lubang (*hole*). Pasangan elektron dan lubang (*hole*) ini akan berdifusi ke permukaan partikel semikonduktor tersebut dan menyebabkan proses oksidasi dan reduksi polutan yang terdapat di dalam medium (Arutanti, et.al, 2009). Fotokatalis dapat terjadi pada material semikonduktor antara lain zink oksida (ZnO), Titanium Oksida (TiO_2), zink sulfida (ZnS), tungsten oksida (WO_3), stronsium titanat ($SrTiO_3$), dan hematite ($\alpha-Fe_2O_3$) (Qi & Chi, 2010).

2.2. Mekanisme Fotokatalis

Mekanisme fotokatalis TiO_2 ditunjukkan pada Gambar 2.1. Fenomena fotokatalis pada permukaan TiO_2 dapat dijelaskan sebagai berikut. Jika suatu semikonduktor tipe *n* dikenai cahaya ($h\nu$) dengan energi yang sesuai, maka elektron (e^-) pada pita valensi akan pindah ke pita konduksi, dan meninggalkan lubang positif (*hole*) pada pita valensi. Sebagian besar pasangan e^- dan h^+ ini akan berekombinasi kembali baik di permukaan ataupun di dalam partikel *bulk*. Sedangkan sebagian lain dari pasangan e^- dan h^+ dapat bertahan sampai pada

permukaan semikonduktor, dimana pada akhirnya, h^+ dapat menginisiasi reaksi oksidasi dan e^- akan menginisiasi reaksi reduksi zat kimia yang berada disekitar permukaan semikonduktor. Dalam hal ini semikonduktor tersebut adalah titanium oksida (TiO_2) (Arutanti, et.al, 2009).



Gambar 2.1 Peristiwa eksitasi dan de-eksitasi pada TiO_2 dibawah sinar UV

Pada prinsipnya, reaksi oksidasi pada permukaan semikonduktor dapat berlangsung melalui donor elektron dari substrat ke h^+ . Apabila potensial oksidasi yang dimiliki oleh h^+ pada pita valensi ini cukup besar untuk mengoksidasi air pada permukaan partikel, maka akan dihasilkan gugus hidroksil. Berikut adalah reaksi kimia yang terjadi pada fotokatalis TiO_2 (Bismo, 2006).



Dimana :

$h\nu$: sinar ultra violet dengan panjang gelombang <400 nm

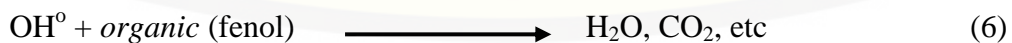
$h\nu_{VB}^+$: lubang positif pada pita valensi

e_{CB}^0 : elektron pada pita konduksi

$C_6H_3OCl_3$: triklorofenol sebagai model zat organik beracun

Titanium oksida (TiO_2) merupakan salah satu semikonduktor oksida yang memiliki sifat kimia fisik yang menguntungkan, biaya rendah, mudah untuk didapatkan, kestabilan dan ketahanan terhadap korosi pada media air. Akan tetapi, semikonduktor ini memiliki kelemahan yakni membutuhkan energi UV yang tinggi untuk mengeksitasi elektron dan laju transfer elektron yang rendah untuk oksigen dan laju rekombinasi yang tinggi antara pasangan *electron-hole* dan laju oksidasi semikonduktor TiO_2 yang terbatas (Chen, *et al.*, 2011). Namun belakangan ini semikonduktor ZnO merupakan salah satu alternatif yang digunakan sebagai pengganti semikonduktor TiO_2 . ZnO sebagai fotokatalis memiliki mekanisme degradasi foton yang sama dengan TiO_2 . ZnO memiliki efisiensi yang lebih baik dibandingkan dengan TiO_2 sebagai fotokatalis dalam larutan air (Gouvea, *et al.*, 2000).

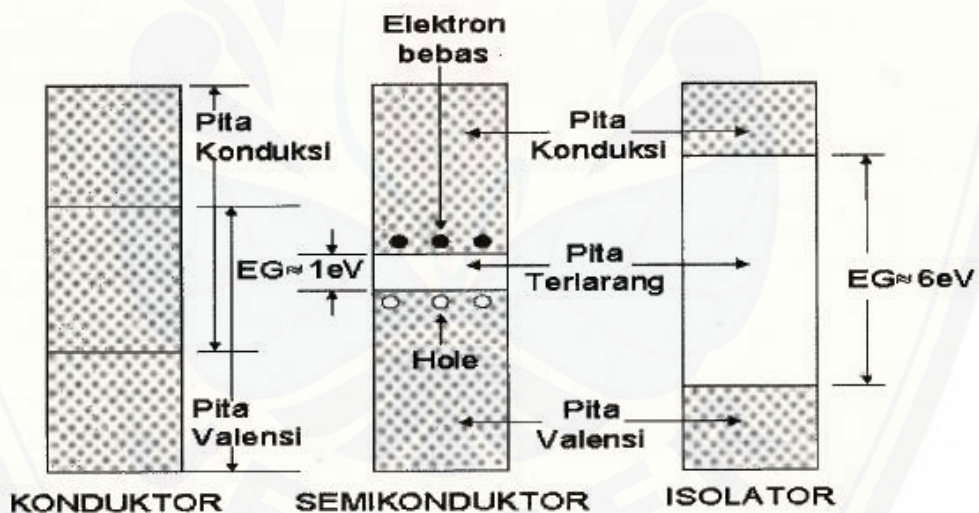
Pada penelitian ini, semikonduktor yang digunakan adalah zink oksida (ZnO). Reaksi yang terjadi pada fotokatalis ZnO ini sebagai berikut :



(Arif, 2011).

2.3. Semikonduktor ZnO

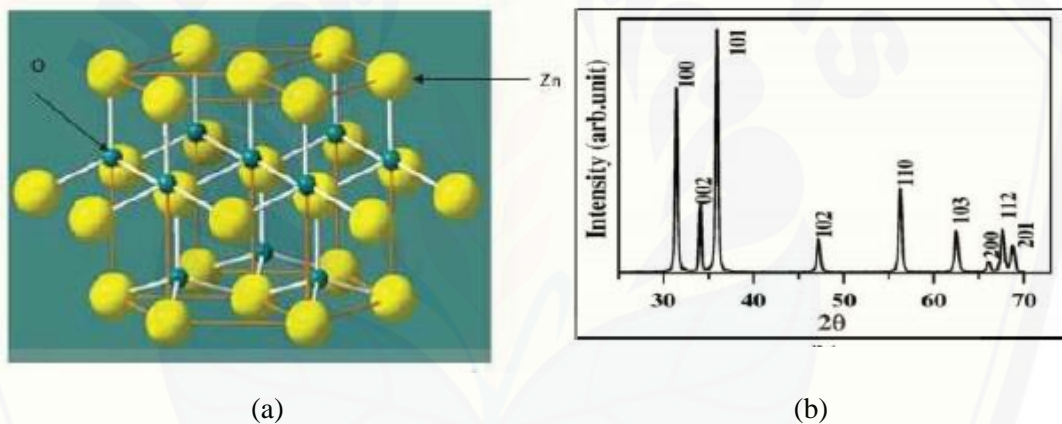
Semikonduktor adalah sebuah bahan dengan konduktivitas (penghantaran) listrik yang berada diantara isolator dan konduktor. Semikonduktor disebut juga sebagai bahan yang memiliki pita terlarang/ *energy gap/ band gap* yang relatif kecil dibanding isolator. Perbandingan bandgap antara konduktor, semikonduktor dan isolator dapat dilihat pada gambar 2.2. sebuah semikonduktor bersifat sangat unik, yakni dapat bersifat sebagai isolator pada temperatur yang sangat rendah, tapi pada temperatur yang lebih tinggi bersifat sebagai konduktor. Konduktansi semikonduktor dapat diubah-ubah secara terkontrol dengan menambahkan sejumlah kecil “ketidakmurnian”, yang disebut dengan *dopan*. Pemberian *dopan* dalam jumlah besar dapat meningkatkan konduktivitasnya. Karena sifat inilah bahan semikonduktor logam digunakan dalam proses fotokatalis (Mikrajudin, 2007).



Gambar 2.2. Perbandingan *energy bandgap* antara konduktor, semikonduktor dan isolator

Semikonduktor yang digunakan pada penelitian ini adalah semikonduktor ZnO. ZnO merupakan semikonduktor paduan II-VI dengan lebar celah pita sebesar 3,37 eV. Struktur Kristal *zinc oxide* dapat dibagi menjadi tiga yaitu *cubic rock salt*, *zinc blende* dan *wurtzite* dimana setiap anionnya dikelilingi oleh empat kation pada posisi sudut tetrahedron atau *vice-versa*. Koordinasi tetrahedral ini pada dasarnya memiliki karakteristik ikatan kovalen, namun material

semikonduktor ini juga memiliki karakter ionik yang kuat melebihi sifat kovalennya (Morkoç, 2009). Bentuk dominan struktur Kristal ZnO adalah *wurtzite* karena struktur ini adalah yang paling stabil pada suhu kamar dan tekanan. Struktur *wurtzite* memiliki unit sel heksagonal dengan dua parameter kisi a dan c dengan perbandingan $c/a = 1.633$ dan kelompok C_{6v} atau $P6_3mc$. Susunan atom tetrahedral dalam struktur *wurtzite* adalah struktur *non-centrosymmetric* yang menimbulkan momen dipole. Karakteristik dari *zinc oxide wurtzite* yakni dapat menimbulkan beberapa sifat yang unik seperti piezoelektrik (Arif, 2011). Struktur kristal *wurtzite* dapat dilihat pada gambar 2.3(a). dan pola difraksi sinar-x dari mineral ZnO *nanorods* dengan struktur *wurtzite* dapat dilihat pada gambar 2.3.(b).



Gambar 2.3. (a) struktur Kristal ZnO *wurtzite* (Haslinda, 2009). (b) Pola difraksi sinar-X ZnO (Zhang, *et al.*, 2007).

2.4. *Doping* Logam Nikel

Doping merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menambahkan sejumlah kecil zat pengotor ke dalam struktur kristal semikonduktor. Pendopngan pada kristal semikonduktor ini merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengontrol sifat dari semikonduktor tersebut, seperti *band gap* dan konduktifitas elektrik. Campet, *et al* (1982) menyatakan bahwa *doping* dengan menggunakan logam-logam 3d akan menurunkan tingkat energi celah pita (E_g)

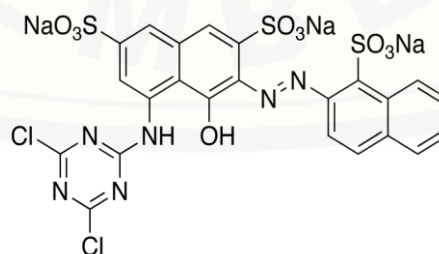
dari semikonduktor dengan membentuk tingkat celah antar gelombang yang terlokalisasi.

Dopan logam yang paling banyak digunakan adalah logam Pt, beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa logam Pt memiliki kinerja yang lebih dibanding dengan *dopan* logam nobel yang lain (Baba, *et al.*, 1985). Namun tingginya harga dari logam Pt merupakan sebuah hambatan pada penggunaannya, sehingga perlu dicari alternatif logam lain sebagai penggantinya misalnya logam Fe, Ni atau Mn.

2.5. Pewarna *Procion Red MX-8B*

Procion red MX-8B termasuk dalam salah satu zat warna azo, karena memiliki gugus struktur azo. Zat warna ini termasuk zat warna yang reaktif karena dapat sistem penggunaan pewarnaannya bereaksi secara substitusi dengan serat kain dan membentuk ikatan ester yang mempunyai reaktivitas paling tinggi dibanding zat warna azo lainnya. Zat warna ini sering digunakan dalam pewarnaan tekstil khususnya pada kain sutra. Limbah zat warna ini jika lepas di perairan bebas dalam kadar yang melampaui batas akan bersifat toksik bagi makhluk hidup disekitarnya, oleh karena itu pelepasan limbahnya harus dikontrol (Kusumaningsih *et al.*, 2012).

Salah satu cara untuk mengontrol limbah dari pewarna azo yaitu dengan cara mendegradasinya menjadi senyawa yang lebih sederhana. Cara yang dapat dilakukan yaitu melalui penggunaan katalis yang berprinsip pada reaksi fotokatalitik. Berikut struktur dari senyawa pewarna *Procion red MX-8B*



Gambar 2.4. Struktur Procion Red MX 8B

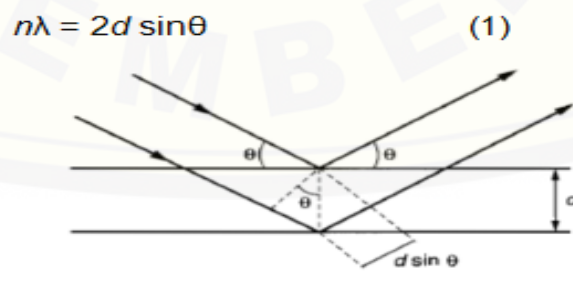
(Hughes, 1984).

2.6. KARAKTERISASI XRD dan XRF

2.6.1. X - Ray Diffraction (X-RD)

Sinar X merupakan gelombang elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang sekitar 10 nm. Gelombang elektromagnetik ini memiliki spektrum yang berada diantara spektrum sinar γ dan spektrum sinar *ultra violet* (UV). Sinar X diperoleh dari reaksi suatu logam yang dikenai atau ditumbuk oleh rangkaian berkas elektron berenergi tinggi dengan percepatan 30.000 V. Hasil dari tumbukan tersebut yaitu radiasi sinar putih akibat elektron yang mengalami pengurangan kecepatan dengan cepat, dengan diikuti energi yang hilang, selanjutnya hasil pengurangan kecepatan tersebut dikonversi menjadi energi foton (West, 1999).

Difraksi sinar X digunakan untuk mengidentifikasi struktur kristal dengan cara membandingkan jarak d (bidang kristal) dan intensitas puncak difraksi dengan data yang ada di literatur. Hasil dari difraksi sinar X adalah dimensi kisi atau jarak antar kisi (d) dalam suatu struktur kristal sehingga dapat diketahui kerapatan kristal tersebut. Prinsip dasar dari X-RD adalah hamburan elektron yang mengenai permukaan kristal tersebut. Bila seberkas sinar dilewatkan pada permukaan kristal dengan sudut θ , maka sebagian sinar tersebut akan terhamburkan dan sebagiannya akan diteruskan pada lapisan berikutnya. Sinar yang dihamburkan akan berinteraksi secara konstruktif (menguatkan) dan destruktif (melemahkan) yang dicatat oleh detektor dimana setiap sinar yang terperangkap akan memenuhi persamaan hukum Bragg.



Gambar 2.5. Difraksi sinar X pada suatu kristal (Kurniawan, 2013)

2.6.2 X-Ray Fluorescence (XRF)

X-Ray Fluorescence (XRF) merupakan metode analisis yang tidak merusak sampel ketika digunakan untuk analisis unsur baik secara kualitatif dan kuantitatif. Metode analisis XRF yaitu berdasarkan terjadinya tumbukan atom-atom pada permukaan sampel (bahan) oleh analisis sinar-X dari sumber sinar-X. Hasil analisis kualitatif ditunjukkan oleh puncak spektrum yang mewakili jenis unsur yang sesuai dengan energi sinar-X karakteristiknya, sedangkan analisis kuantitatif diperoleh dengan cara membandingkan intensitas sampel dengan standar (Kriswarini et.al., 2010).

Prinsip kerja alat XRF adalah sebagai berikut: sinar-X fluoresensi yang dipancarkan oleh sampel dihasilkan dari penyinaran sampel dengan sinar-X primer dari tabung sinar-X (*X-ray tube*), yang dibangkitkan dengan energi listrik dari sumber tegangan sebesar 1.200 volt. Bila radiasi dari tabung sinar-X mengenai suatu bahan maka elektron dalam bahan tersebut akan tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi, sambil memancarkan sinar-X karakteristik. Selanjutnya sinar-X karakteristik ini ditangkap oleh detektor diubah ke dalam sinyal tegangan (*voltage*), diperkuat oleh *preamp* dan dimasukkan ke *analyzer* untuk diolah datanya (Jamaludin dan Adiantoro, 2012).

2.7 Spektrometri

Absorpsi cahaya oleh suatu molekul merupakan suatu bentuk interaksi antara gelombang cahaya (*foton*) dan atom/molekul. Energi cahaya diserap oleh atom/molekul dan digunakan oleh elektron di dalam atom/molekul tersebut untuk bertransisi ke tingkat energi elektronik yang lebih tinggi. Absorpsi hanya terjadi jika selisih kedua tingkat energi elektronik tersebut ($\Delta E = E_2 - E_1$) bersesuaian dengan energi cahaya (*foton*) yang datang, yakni:

$$\Delta E = E_{\text{foton}}$$

(Siswoyo dan Asnawati, 2007).

Penentuan konsentrasi analit dalam sampel dapat ditentukan menggunakan kurva kalibrasi dengan persamaan Lambert-Beer sebagai berikut:

$$A = \log (P_0/P) = abc$$

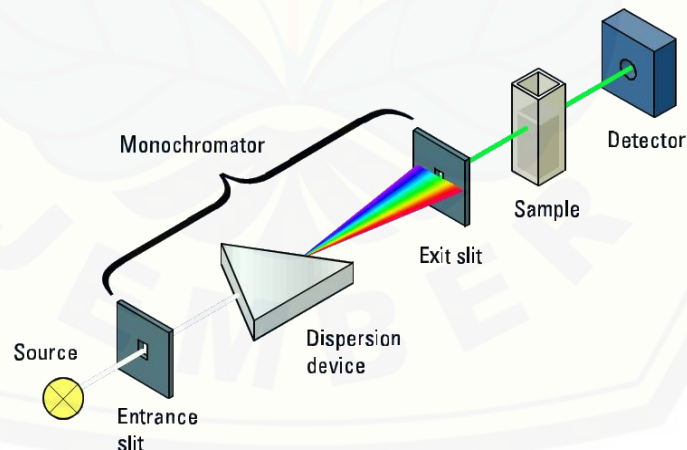
Dimana A adalah absorbansi atau cahaya yang diserap, P_0 adalah intensitas cahaya yang diberikan insiden pada panjang gelombang, P adalah intensitas ditransmisikan, b adalah tebal kuvet (cm) dan c adalah konsentrasi spesies yang menyerap (g/L), a adalah absortivitas ($\text{cm}^{-1}\text{g}^{-1}\text{L}$) (Day dan Underwood, 2001).

2.7.1 Spektrometer UV/VIS

Spektrometer UV/Vis adalah sejenis peralatan yang digunakan untuk mengukur serapan molekul organik atau anorganik yang diberikan sumber cahaya dengan rentang panjang gelombang di daerah UV – Vis (180-770 nm).

Gambar dibawah ini menunjukkan skema dari konstruksi spektrofotometer yang paling sederhana, yang terdiri dari:

1. Sumber cahaya
2. Monokromator, yang berfungsi sebagai penyeleksi cahaya dengan panjang gelombang (energi) tertentu
3. Kompartemen sampel
4. Detektor dan pengukur intensitas cahaya.



Gambar 2.6 Susunan dasar dari komponen spektrofotometer UV/Vis (Siswoyo dan Asnawati, 2007).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini telah dilakukan di Laboratorium Kimia Dasar Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Pelaksanaan penelitian berlangsung mulai bulan Mei 2016 hingga Januari 2017.

3.2 Alat dan bahan

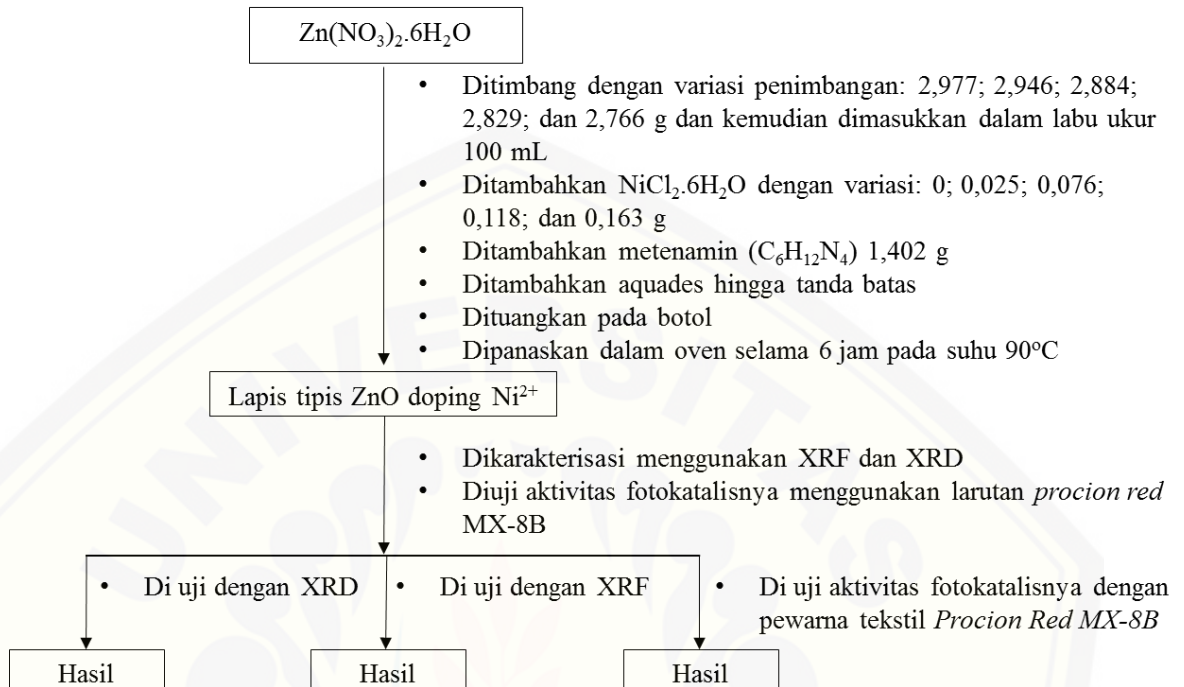
3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain ialah gelas kimia, pipet mohr 10 ml, labu ukur 50 ml, spatula, pipet tetes, oven, botol gelas, spektrofotometer UV/Vis Shinhwa, *X-ray Diffraction (X-RD) PANalytical X'pert*, *X-ray Fluorescence (X-RF) Bruker S2 Ranger*, lampu UV Philips 40 Watt, kaca preparat, botol semprot dan *ball pipet*.

3.2.2 Bahan

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini yakni $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Mr: 297,47 g/mol; Sigma-Aldrich), $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Mr: 237,70 g/mol; Merck), metenamin/ $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$ (Mr: 149,19 g/mol; Sigma-Aldrich), aquades dan *procion red MX-8B*.

3.3 Diagram penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.4 Prosedur Pembuatan Larutan

3.4.1 Pembuatan ZnO tanpa doping Ni

Sebanyak 2,977 g $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml ditambah dengan larutan metenamin sebanyak 1,408 g dan ditambah dengan aquades sampai tanda batas. Selanjutnya larutan tersebut dimasukkan ke dalam botol kaca kemudian digoyang-goyang sampai homogen.

3.4.2 Pembuatan ZnO dengan variasi doping Ni

Padatan $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dimasukkan dalam labu ukur 100 ml kemudian ditambah dengan padatan $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan ditambah padatan metenamin kemudian ditambah dengan aquades sampai tanda batas. Selanjutnya larutan tersebut dimasukkan ke dalam botol kaca kemudian digoyang-goyang sampai homogen. Jumlah penambahan padatan $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan Metenamin dengan variasi penambahan persen *dopan* Ni sebagai berikut:

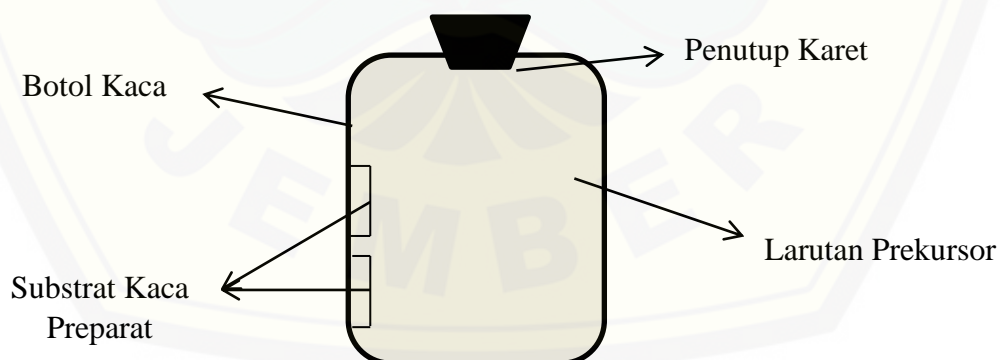
Tabel 3.1 Variasi penambahan *doping* Ni

% Ni ²⁺	Padatan NiCl ₂ .6H ₂ O	Padatan Zn(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	Padatan Metenamin
1%	0,025 g	2,956 g	1,407 g
3%	0,076 g	2,884 g	1,396 g
5%	0,118 g	2,828 g	1,403 g
7%	0,163 g	2,765 g	1,411 g

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Sintesis lapis tipis ZnO

Lapis tipis ZnO disintesis dengan metode deposisi kimia dengan menggunakan prekursor Zn(NO₃)₂.6H₂O dalam suasana basa (basa menggunakan metenamin). Konsentrasi prekursor yang digunakan adalah 0,1 M. Selanjutnya larutan Zn(NO₃)₂.6H₂O ditambah metenamin dengan konsentrasi 0,1 M dimasukkan ke dalam botol kaca yang sebelumnya telah diletakkan kaca preparat untuk analisis XRD didalamnya. Botol kaca yang telah ditutup rapat kemudian dipanaskan dalam oven selama 6 jam pada suhu 90°C. Gambar dibawah ini menunjukkan ilustrasi skematik sistem reaksinya

Gambar 3.2 Media pembentukan lapis tipis Zn_{1-x}Ni_xO

Setelah pemanasan selesai, maka bagian dalam botol kaca dibilas secara perlahan dengan aquades untuk menghilangkan residu garam. Lapis tipis ZnO pada permukaan dalam botol kaca kemudian diuji aktivitas fotokatalisnya

menggunakan pewarna tekstil *procion red* MX-8B. Sedangkan lapis tipis ZnO yang terdapat pada kaca preparat diambil untuk dianalisis menggunakan metode difraksi sinar-X, sedangkan untuk analisis XRF sampel yang digunakan berupa serbuk yang diperoleh dari endapan yang terbentuk setelah proses pemanasan terjadi, selanjutnya endapan tersebut dicuci dengan menggunakan aquades kemudian dikeringkan untuk selanjutnya dianalisis menggunakan metode *X-ray Fluorescence*.

3.5.2 Sintesis lapis tipis ZnO *doping* Ni²⁺

Lapis tipis ZnO *doping* Ni²⁺ dibuat dengan menambahkan NiCl₂.6H₂O pada campuran larutan Zn(NO₃)₂.6H₂O dan metenamin. Variasi jumlah NiCl₂.6H₂O yang digunakan yaitu 1, 3, 5 dan 7% (persen mol Ni terhadap total mol Ni²⁺ dan Zn²⁺). Lapis tipis kemudian disintesis dengan metode seperti sebelumnya. Lapis tipis ZnO *doping* Ni²⁺ yang terbentuk didalam permukaan botol kaca kemudian diuji aktivitas katalisnya dalam mendegradasi pewarna *procion red* MX-8B.

3.5.3 Karakterisasi lapis tipis ZnO dan ZnO *doping* Ni²⁺

ZnO dan ZnO *doping* Ni²⁺ yang telah disintesis kemudian dianalisis menggunakan dua karakterisasi diantaranya pengukuran difraksi sinar-X untuk mengetahui struktur dan kristanilitas senyawa yang dihasilkan dan pengukuran Sinar-X *Fluoresence* (XRF) untuk mengetahui kadar unsur-unsur yang terdapat pada sampel.

a. Difraksi Sinar-X

ZnO dan ZnO *doping* Ni²⁺ yang telah disintesis dikarakterisasi struktur kristalnya dengan menggunakan alat difraksi sinar-X. Sumber radiasi yang digunakan adalah Cu – K α . Difraksi dilakukan pada sudut 2 θ antara 20°–70°

b. X-Ray Fluoresence (XRF)

Lapis tipis ZnO dan ZnO *doping* Ni²⁺ dikarakterisasi menggunakan XRF. Sampel (serbuk) yang telah disintesis diletakkan pada *holder* selanjutnya

dianalisis XRF, adapun data yang diperoleh berupa data kualitatif dan kuantitatif dari komposisi unsur-unsur penyusun sampel

3.5.4 Uji aktivitas fotokatalis ZnO pada pewarna tekstil *procion red MX-8B*

Larutan pewarna Red MX-8B disiapkan untuk ditentukan panjang gelombang serapan maksimumnya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang cahaya tampak (400-600 nm) dan dibuat spektra absorpsinya. Kurva kalibrasi dibuat dengan serangkaian konsentrasi larutan, yaitu: 10, 20, 30, 40 dan 50 ppm.

Pewarna Red MX-8B yang telah diketahui serapan maksimumnya disiapkan dengan konsentrasi 50 ppm. Dimasukkan pada botol kaca yang telah dilapisi ZnO dan dilakukan penyinaran dengan lampu UV selama 24 jam. Kemudian, larutan pewarna diukur kembali absorbansinya pada λ maksimum. Penentuan aktivitas fotokatalis dalam mendegradasi zat warna dapat ditentukan menggunakan persamaan:

$$\text{aktivitas fotokatalis} = \frac{\text{massa awal} - \text{massa akhir}}{\text{luas permukaan katalis} \times \text{waktu}}$$

Penentuan persentase kemampuan fotokatalis lapis tipis ZnO dalam mendegradasi zat warna dapat ditentukan menggunakan persamaan :

$$\% \text{Degradas}i = \frac{c_0 - c_t}{c_0} \times 100\%$$

dimana:

c_t = konsentrasi larutan setelah didegradasi selama 24 jam (ppm) dan
 c_0 = konsentrasi awal larutan (ppm)

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Ion Ni^{2+} telah berhasil didoping pada kristal ZnO dengan kisaran persentase 0,13 - 0,23 %. Difraktogram lapis tipis ZnO *doping* ion Ni^{2+} memiliki posisi puncak (20) yang mirip dengan ZnO tanpa *doping*. Semakin banyak ion *dopan* Ni^{2+} yang digunakan maka semakin tinggi intensitas puncak-puncak tersebut dan diiringi dengan penurunan ukuran kristal ZnO.
2. Penambahan ion *dopan* Ni^{2+} pada lapis tipis ZnO meningkatkan aktivitas fotokatalis lapis tipis ZnO dalam mendegradasi pewarna, *Procion Red MX-8B*. Semakin tinggi persentase ion *dopan* Ni^{2+} pada lapis tipis ZnO semakin tinggi pula aktivitas fotokatalis lapis tipis yang dihasilkan.

5.2 Saran

Untuk mendapatkan persen degradasi yang lebih tinggi disarankan menggunakan jenis botol kaca yang lebih transparan/bening dan permukaan rata, sehingga cahaya UV tidak banyak dipantulkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M dan Khairurrijal. 2008. Review: Karakterisasi Nanomaterial. Bandung : Institut Teknologi Bandung. Vol 2 (1): 1-9.
- Agus, J dan Darma, A. 2012. Analisis Kerusakan *X-Ray Fluorescence (XRF)*. Banten : Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir. Vol 10 (9): 19-28.
- Ambiga, D., Ashwin, S., dan Dhandapani., B. 2016. *Application of Synthesized (Ni^{2+} , Ag^{2+}) doped ZnO Nanocatalyst for Degradation of Acid Blue 113 by Advanced Oxidation Process*. India : Department of Chemical Engineering. Vol 9 (1): 318-321.
- Arif, M. 2011. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Zink Oksida (ZnO) dengan Metode Proses Pengendapan Kimia Basah dan Hidrotermal untuk Aplikasi Fotokatalisis. *Skripsi*. Depok : Universitas Indonesia.
- Arutanti, O., Mikrajuddin, A., Khairurrijal., Hermawan, M. 2009. *Penjernian Air dari Pencemar Organik dengan Proses Fotokatalis pada Permukaan Titanium Dioksida (TiO_2)*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Baba, R., Nakabayashi, S., Fujishima, A. 1985. Investigation of the mechanism of hydrogen evolution during photocatalytic water decomposition on metal loaded semiconductor powders. *J. phys chem*. Vol 89 (2): 1902-1905.
- Bismo, S. 2006. Teknologi Radiasi Sinar Ultra-Violet (UV) dalam Rancang Bangun Proses Oksidasi Lanjut untuk Pencegahan Pencemaran Air dan Fasa Gas. *Modul Kuliah*. Departemen Teknik Kimia FTUI.
- Campet, G., Jakani, M., Doumerc, J.P., Claverie, j., Hangenmuller, P. 1982. Photoconduction Mechanisms in Titanium and Rare Earth n-type Semiconducting Electrodes with Pyrochlore and Perovskite Structures. *Solid State Communications*. Vol 42 (2): 93-96.
- Chen, C., Liu, J., Liu, P., Yu, B. 2011. Investigation of Photocatalytic Degradation of Methyl Orange by Using Nano-Sized ZnO Catalyst. *J. chem*. Vol 1 (1): 14-19.
- Day, R. A. dan Underwood, A. L. 2001. Analisa Kimia Kuantitatif. Edisi Keenam. Terjemahan oleh Iis Sopyan. Jakarta: Erlangga.
- Efendy. 2004. Ikatan Ionik dan Cacat-cacat pada Kristal Ionik. Malang: Bayumedia Publishing.

- Gouvea, K., F. Wypych, S. G. Moraes, N. Duran, N. Ngata & P. Peralta Zamora. 2000. Semiconductor-Assisted Photocatalytic Degradation of Reactive Dyes in Aqueous Solution. *Chemosphere*. Vol. 40 (4): 433-440.
- Gunlazuardi, J. 2001. Fotokatalisis pada permukaan TiO₂ Aspek fundamental dan aplikasinya. *Seminar Nasional Kimia Fisika II*. Jakarta: Jurusan Kimia-FMIPA Universitas Indonesia.
- Haryati, T., Prijamboedi, B., Mulyono, T., Mintadi, M., Pradista, Y.A. 2014. Synthesis and Characterization Core-shell ZnO/TiO₂ as Photoanode Material in Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). *Proceeding International Seminar on Science and Technology University of Jember*, 23 Oktober 2014, hlm. 119-123.
- Haslinda. 2009. Fabrication, Structural and Electrical Characteristic of Zinc Oxide (ZnO) Thin Films by Direct Current Sputtering. *Skripsi*. Malaysia: University Sains Malaysia.
- Hu, D., Liu, Y.J., Li, H.S., Cai, X.Y., Yan, X.L., Wang, Y.D. 2012. Effect of Nickel Doping on Structural, Morphological and Optical Properties of Sol-gel Spin Coated ZnO Films. *Materials Technology*. 2012, Vol 27 (23): 243 – 250.
- Hughes P., Sherwood, R.F., Lowe, C.R. “*Studies on The Nature Transition Metal Ion Mediated Binding of Triazine Dyes to Enzymes*” *The Interaction of Procion Red MX – 8B with Carboxypeptidase G – 2*. London: Unversity of Cambridge. Vol 144 (1): 135-142.
- Jamaludin, A., dan Adiantoro, D. 2012. Analisis Kerusakan X-Ray Fluoresence (XRF). Batan: Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir. Vol 5(9): 19-28.
- Kriswarini, R., Anggraini, D., Djamaludin, A. 2010. Validasi Metoda XRF (X-Ray Fluorescence) Secara Tunggal dan Simultan Untuk Analisis Unsur Mg, Mn dan Fe dalam Paduan Alumunium. *Seminar Nasional VI*. Banten : Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir.
- Kurniawan, W.G. 2013. Seri Kuliah Kimia Analitik : Difraksi Sinar-X. <http://gigihkurniawan.blogspot.co.id/2013/12/Difraksi-Sinar-X.html>. [1 Januari 2016].
- Kusumaningsih T., Handayani, D.S., Lestari, Y. 2012. *Pembuatan Mikrokapsul Kitosan Gel Tersambung Silang Etilen Glikol Diglisidil Eter (Psf – Egde – Cts) sebagai Adsorben Zat Warna Procion Red Mx 8b*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret. Vol 8 (1): 47-56.

- Linsebigler, A. L., Lu, G., Yates. J. T. 1995. Photocatalysis on TiO₂ Surfaces: Principles, Mechanism, and Selected Result. *Chem. Rev.* Vol. 95 (3): 735-758.
- Mikrajudin, A. 2007. Catatan kuliah: Topik Khusus Fisika Material Elektronik Material Nanostruktur. ITB, Jurusan Fisika, Bandung.
- Morkoc, H dan Ümit, Ö. 2009. *Zinc Oxide: Fundamental, Materials and Devices Technology*. Weinheim: Wiley.
- Ningsih, T.S. 2012. Sintesis dan Karakteristik Fotokatalis Ni²⁺-ZnO Berbasis Zeolit Alam. *Skripsi*. Depok : Universitas Indonesia.
- Pradista, Y. 2014. Sintesis dan Karakterisasi *Core-Shell* ZnO/TiO₂ Sebagai Material Fotoanoda *Dye-Sintetized Solar Cell*. *Skripsi*. Jember : Universitas Jember.
- Qi, X dan Chi, Y. 2010. *Preparation and Visible Light Photocatalytic Activity of Zn_{1-x}Fe_xO Nanocrystalline*. China: School of Resources Processing and Bioengineering, Central South University. Vol 130 (1): 5-9.
- Richardson, J.T. 1989. *Principles of Catalyst Development*. New York: Plenum Press.
- Siswoyo dan Asnawati. 2007. *Analisis Spektrometri*. Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia FMIPA: Universitas Jember
- Sugiyana, D., dan Notodarmojo, S. 2015. *Studi Mekanisme Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Azo Acid Red 4 Menggunakan Katalis Mikropartikel TiO₂*. Bandung : Institut Teknologi Bandung. Vol 50 (2): 83-94.
- West, A. 1999. *Basic Solid State Chemistry: Second edition*. England: John Wiley & Sons.
- Wijaya, K., Tahir, I., Haryanti, N. 2005. *Synthesis of Fe₂O₃-Montmorillonite and Its Application as a Photocatalyst for Degradation of Congo Red Dye*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada. Vol 5 (1): 41-47.
- Yao, Z., Jia, F., Tian, S., Li, C., Jiang, Z., Bai, X. 2010. *Microporus Ni-doped Film Photocatalyst by Plasma Electrolytic Oxidation*. China: Harbin Institute of Engineering. Vol 2 (9): 2617-2622.

Zhang, H., Feng, J., Wang, J., Zang, M. 2007. *Preparation of ZnO Nanorods Through Wet Chemical Method*. Elsevier: Herbin Engineering University. Vol 61(30): 5202-5205.

Zhao, J., Wang, L., Yan, X., Yang, Y., Lei, Y., Zhou, J., Huang, Y., Gu, Y., Zhang, Y. 2011. Structure and Photocatalytic Activity of Ni-doped ZnO Nanorods. *Materials Resesarch Bulletin*. Vol 46 : 1207-1210.



LAMPIRAN

1) **Pembuatan larutan Metenamin 0,1 M**

$$V_{\text{larutan}} = 100 \text{ mL}$$

$$\text{Massa metenamin} = 1,4081 \text{ g}$$

2) **Pembuatan larutan $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,1 M**

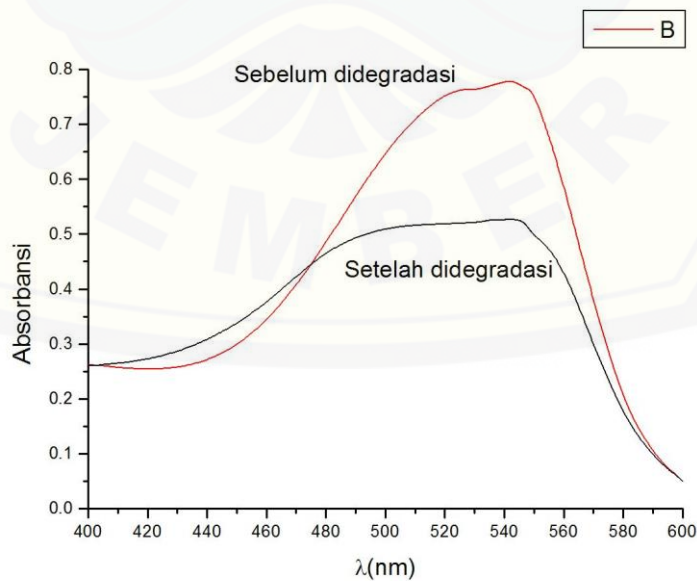
$$V_{\text{larutan}} = 100 \text{ mL}$$

$$\text{massa } \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = 2,9767 \text{ g}$$

3) **Sintesis lapis tipis ZnO doping Ni^{2+}**

	Massa $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Massa $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Massa metenamin
ZnO	2,9767 gram	-	1,4081 gram
ZnO + 1% Ni	2,9456 gram	0,0247 gram	1,4077 gram
ZnO + 3% Ni	2,8844 gram	0,0758 gram	1,3965 gram
ZnO + 5% Ni	2,8287 gram	0,1176 gram	1,4035 gram
ZnO + 7% Ni	2,7650 gram	0,1632 gram	1,4112 gram

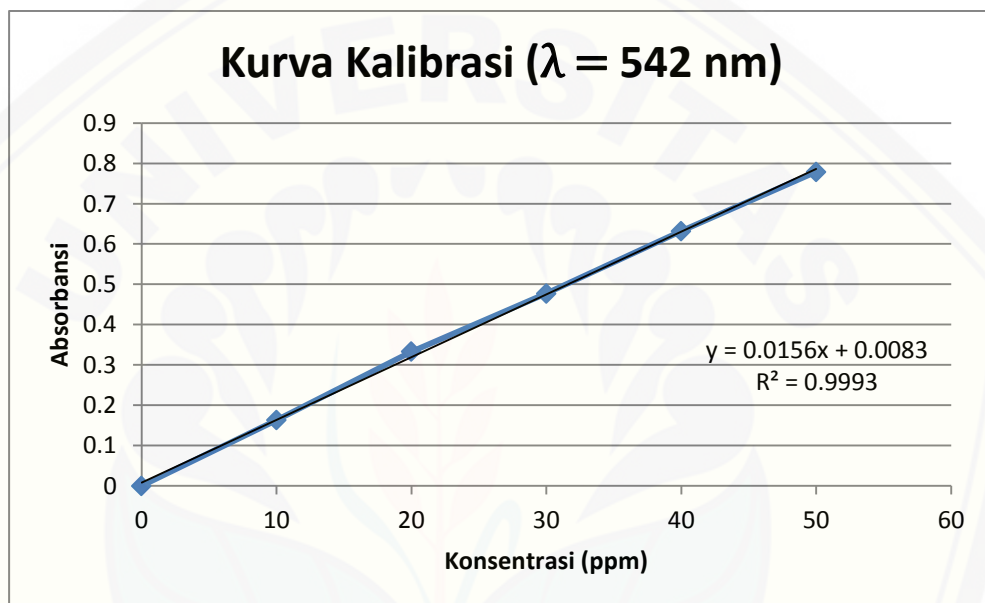
4) **Scanning Panjang Gelombang Pewarna Tekstil *Procion Red MX-8B***



Didapat panjang gelombang maksimum berada pada 542 nm

5) Pembuatan Kurva Kalibrasi

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0
10	0.163
20	0.333
30	0.477
40	0.632
50	0.779

6) Data Hasil Pengukuran Fotodegradasi $\text{Zn}_{(1-x)}\text{Ni}_x\text{O}$ terhadap pewarna tekstil *Procion Red MX-8B*

Menentukan konsentrasi larutan Procion Red MX-8B sebelum dan setelah degradasi menggunakan persamaan $y = 0,0156x + 0,0083$

a. Konsentrasi procion red MX-8B sebelum didegradasi dengan ZnO

$y = \text{absorbansi}$

$x = \text{konzentration (ppm)}$

$y = 0,779$

$y = 0,0156x + 0,0083$

$0,779 = 0,0156x + 0,0083$

$0,779 - 0,0083 = 0,0156x$

$x = 49,4 \text{ ppm}$

b. Konsentrasi procion red MX-8B setelah didegradasi dengan ZnO

$$y = 0,727$$

$$y = 0,0156x + 0,0083$$

$$0,727 = 0,0156x + 0,0083$$

$$0,727 - 0,0083 = 0,0156x$$

$$x = 46,1 \text{ ppm}$$

Berikut table hasil perhitungan dari penentuan konsentrasi larutan procion red MX-8B sebelum dan setelah didegradasi.

Lapis Tipis	Sebelum di Degradasi			Setelah di Degradasi			Persen Degradasi (%)
	y = Abs	x = C (ppm)	C _{rata-rata} (ppm)	y = Abs	x = C (ppm)	C _{rata-rata} (ppm)	
ZnO	0.779	49.4	49.4	0.727	46.1	46.1	6.7
	0.778	49.3		0.726	46.0		
	0.779	49.4		0.728	46.1		
ZnNiO 1%	0.778	49.3	49.3	0.602	38.1	38.2	22.5
	0.778	49.3		0.606	38.3		
	0.777	49.3		0.605	38.3		
ZnNiO3%	0.779	49.4	49.4	0.595	37.6	37.7	23.7
	0.779	49.4		0.597	37.7		
	0.779	49.4		0.598	37.8		
ZnNiO5%	0.778	49.3	49.4	0.522	32.9	33.1	32.9
	0.779	49.4		0.525	33.1		
	0.778	49.3		0.527	33.3		
ZnNiO7%	0.777	49.3	49.4	0.514	32.4	32.3	34.5
	0.779	49.4		0.513	32.4		
	0.779	49.4		0.511	32.2		

7) Gambar lapis tipis ZnO *doping* Ni yang terbentuk pada permukaan dalam botol kaca



Sebelum dilapisi ZnNiO



Setelah dilapisi ZnNiO



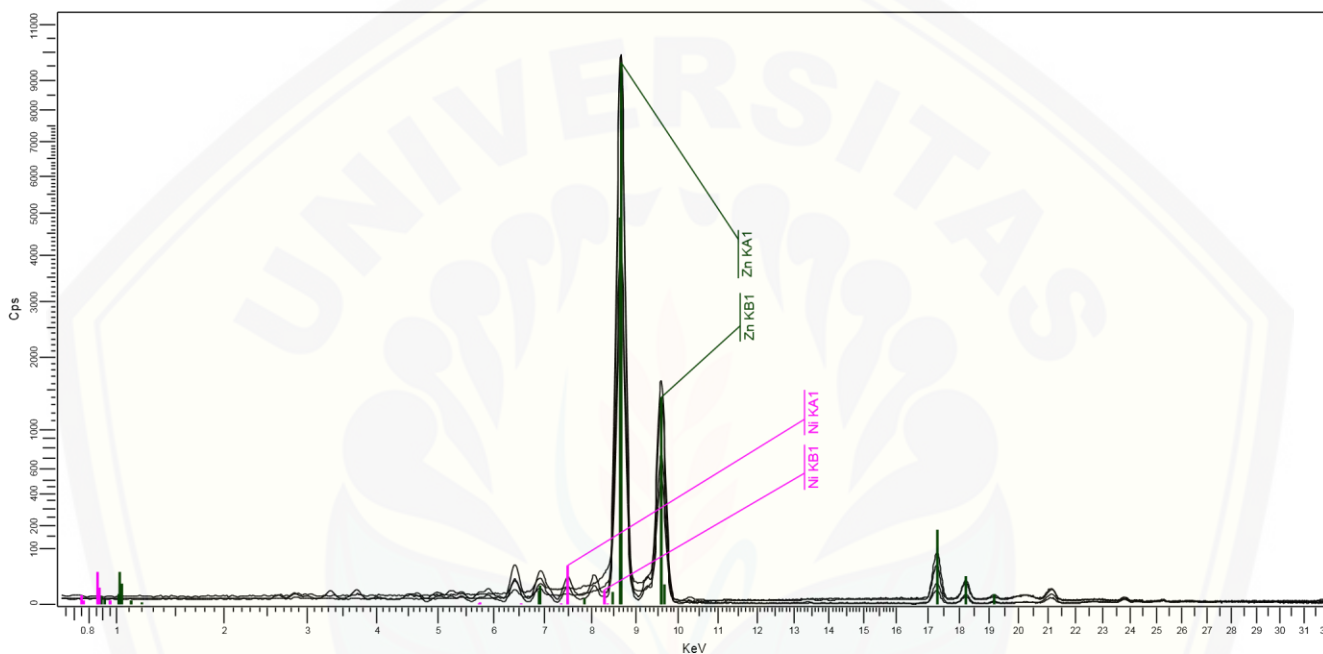
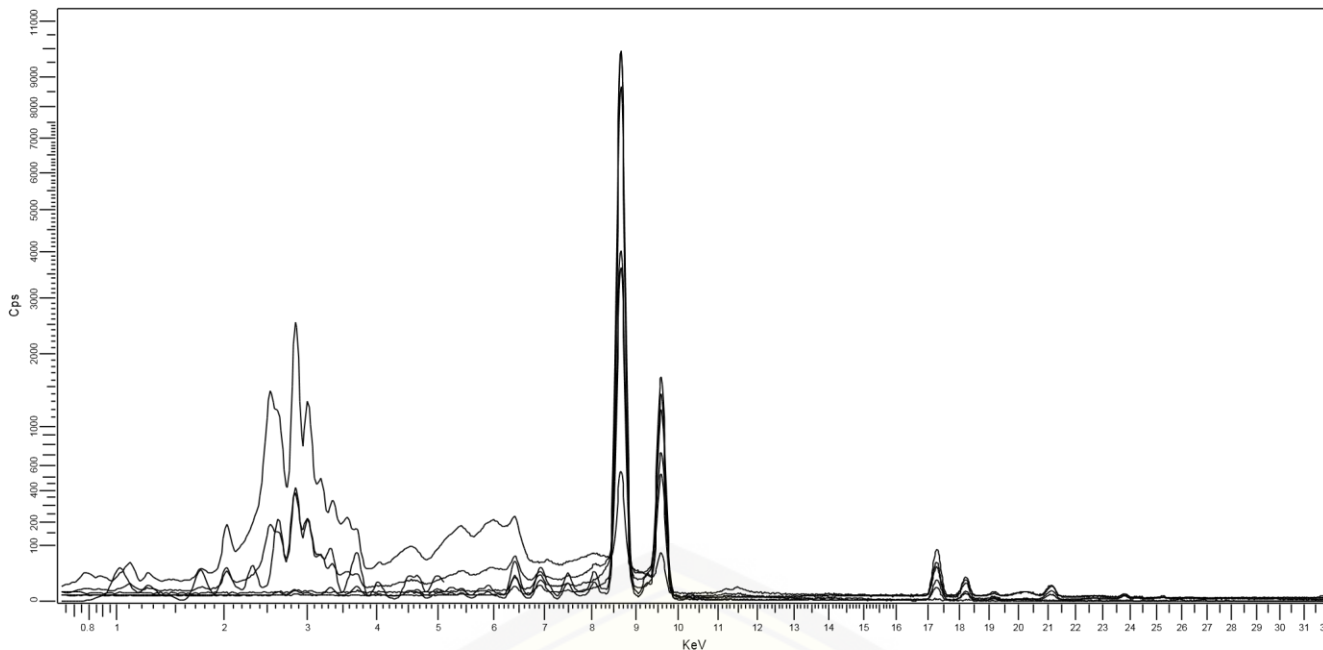
Nama konsumen : Achmad Zainur
 Jenis analisis : XRF
 Aplikasi/preparasi : EQUA_Powder/Mylar
 Jenis sampel : Serbuk
 Kode sampel : AchmadZ-UNEJ_ZnNi(1%)O
 Nama operator : Yohan Aldi Ismoyo
 Hari/Tanggal analisis : 9 November 2016
 Kontak : Dr. Sayekti W., M.Si (081568455281)

1. Analisis Kuantitatif

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
ZnO	30	85.47%	Fit spectrum	Zn KA1/EQ20
MgO	12	4.57%	Fit spectrum	Mg KA1/EQ20
SiO ₂	14	2.01%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
K ₂ O	19	1.24%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
P ₂ O ₅	15	1.20%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
Cl	17	0.88%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
CaO	20	0.86%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
SO ₃	16	0.84%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
Fe ₂ O ₃	26	0.62%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
La ₂ O ₃	57	0.59%	Fit spectrum	La KA1/EQ50
Nd ₂ O ₃	60	0.35%	Fit spectrum	Nd LA1/EQ20
CuO	29	0.29%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20
Ga ₂ O ₃	31	0.19%	Fit spectrum	Ga KA1/EQ20
NiO	28	0.17%	Fit spectrum	Ni KA1/EQ20
TiO ₂	22	0.16%	Fit spectrum	Ti KA1/EQ20
CoO	27	0.12%	Fit spectrum	Co KA1/EQ20
MnO	25	0.10%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
V ₂ O ₅	23	0.10%	Fit spectrum	V KA1/EQ20
Cr ₂ O ₃	24	0.09%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
BaO	56	0.08%	Fit spectrum	Ba KA1/EQ40
Pr ₆ O ₁₁	59	0.02%	Fit spectrum	Pr LA1/EQ20
SnO ₂	50	0.01%	Fit spectrum	Sn KA1/EQ40
Sb ₂ O ₃	51	0.01%	Fit spectrum	Sb KA1/EQ40

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
Zn	30	68.67%	Fit spectrum	Zn KA1/EQ20
O	8	22.00%	Chem. bindings	
Mg	12	2.76%	Fit spectrum	Mg KA1/EQ20
K	19	1.03%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
Si	14	0.94%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
Cl	17	0.88%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
Ca	20	0.61%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
P	15	0.52%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
La	57	0.51%	Fit spectrum	La KA1/EQ50
Fe	26	0.43%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
S	16	0.34%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
Nd	60	0.30%	Fit spectrum	Nd LA1/EQ20
Cu	29	0.23%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20
Ga	31	0.14%	Fit spectrum	Ga KA1/EQ20
Ni	28	0.13%	Fit spectrum	Ni KA1/EQ20
Ti	22	0.10%	Fit spectrum	Ti KA1/EQ20
Co	27	0.10%	Fit spectrum	Co KA1/EQ20
Mn	25	0.08%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
Ba	56	0.07%	Fit spectrum	Ba KA1/EQ40
Cr	24	0.06%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
V	23	0.06%	Fit spectrum	V KA1/EQ20
Pr	59	0.01%	Fit spectrum	Pr LA1/EQ20
Sn	50	0.01%	Fit spectrum	Sn KA1/EQ40

2. Analisis Kualitatif



Surakarta, 9 November 2016

Mengetahui,
Kepala Lab.Terpadu MIPA UNS

Operator/Analisis

Dr. Sayekti Wahyuningsih, M.Si
NIP.19711211 199702 2001

Yohan Aldi I



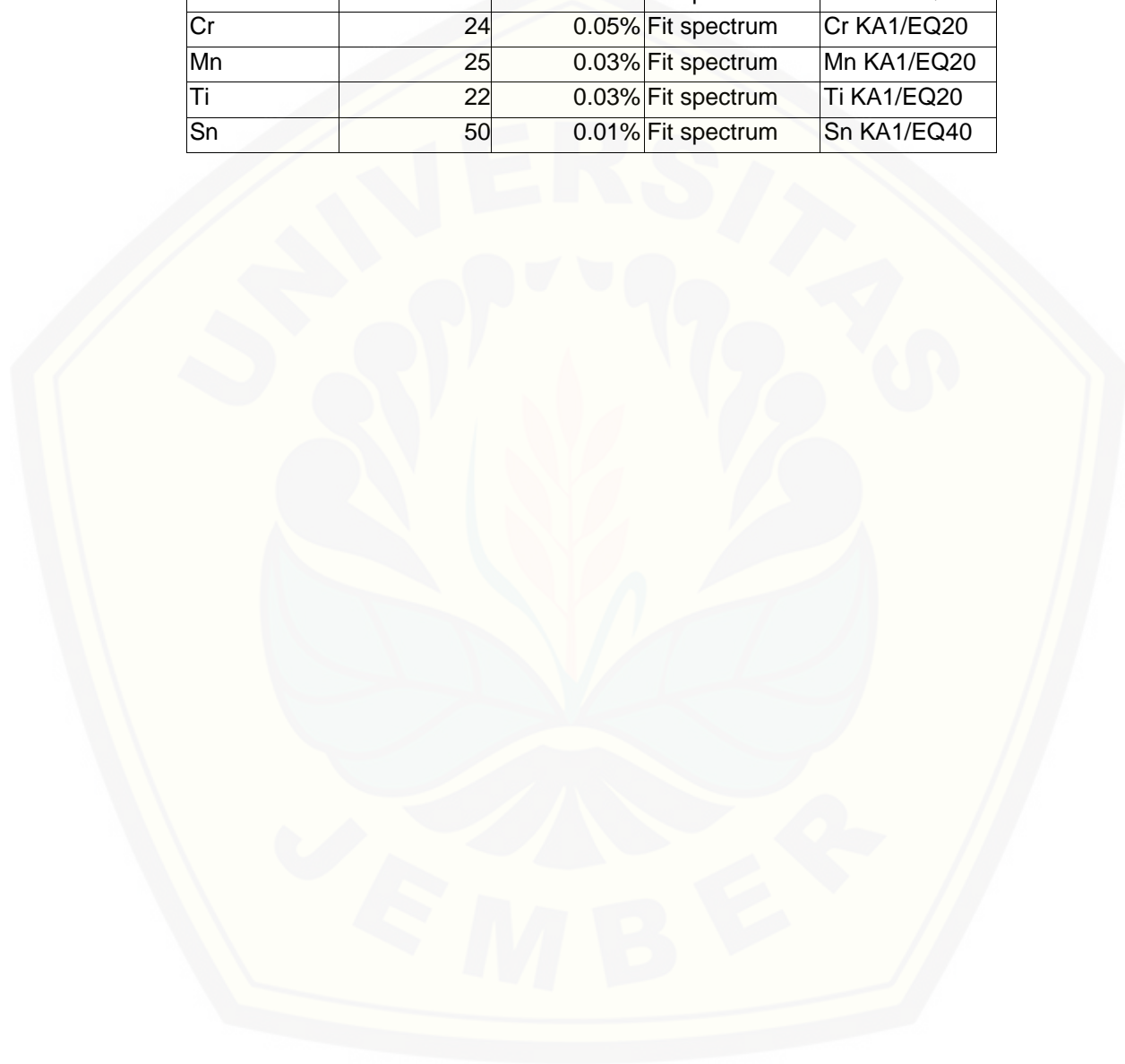
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
 UNIVERSITAS SEBELAS MARET
 FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MIPA TERPADU
 Jl. Ir. Sutami 36A, Kertaning, Surakarta, Jawa Tengah 57126

Nama konsumen : Achmad Zainur
 Jenis analisis : XRF
 Aplikasi/preparasi : EQUA_Powder/Mylar
 Jenis sampel : Serbuk
 Kode sampel : AchmadZ-UNEJ_ZnNi(3%)O
 Nama operator : Yohan Aldi Ismoyo
 Hari/Tanggal analisis : 9 November 2016
 Kontak : Dr. Sayekti W., M.Si (081568455281)

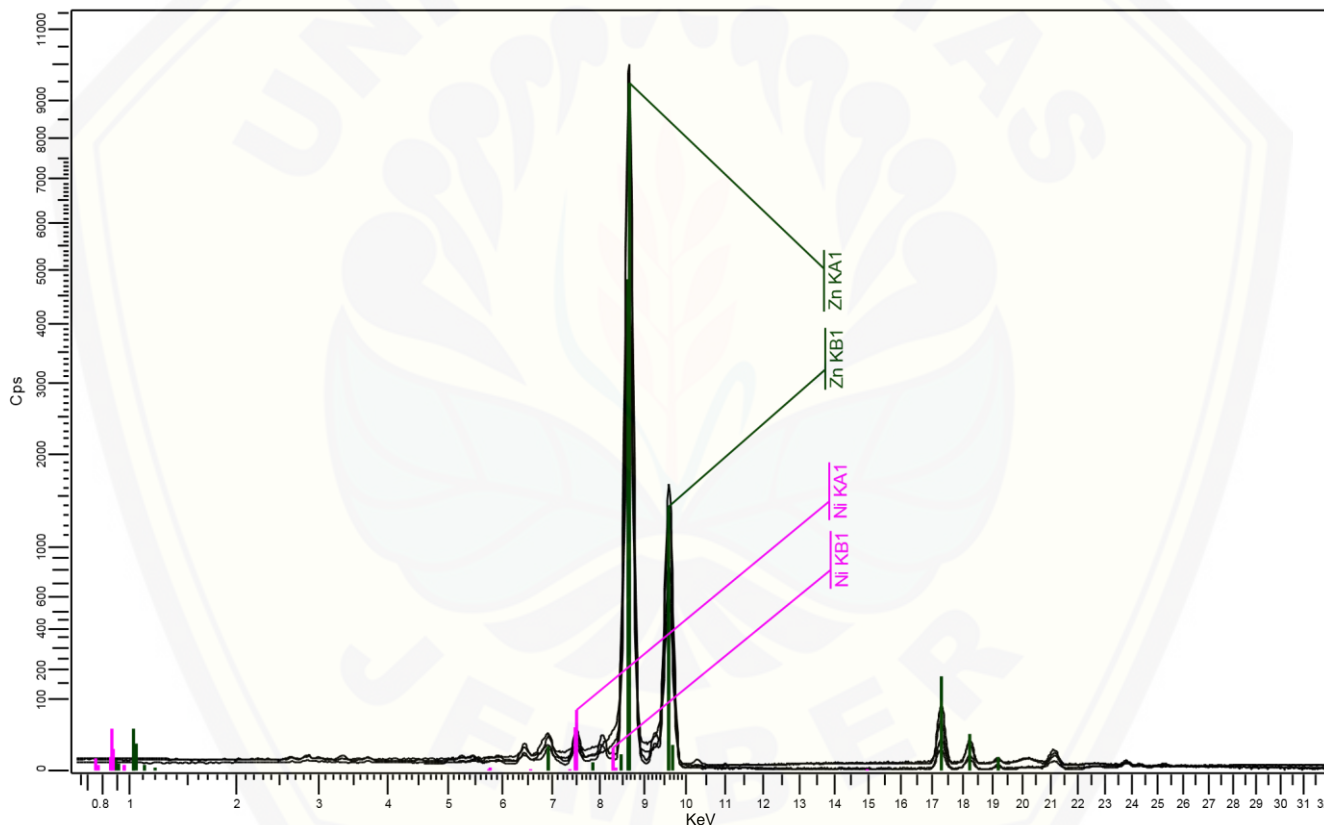
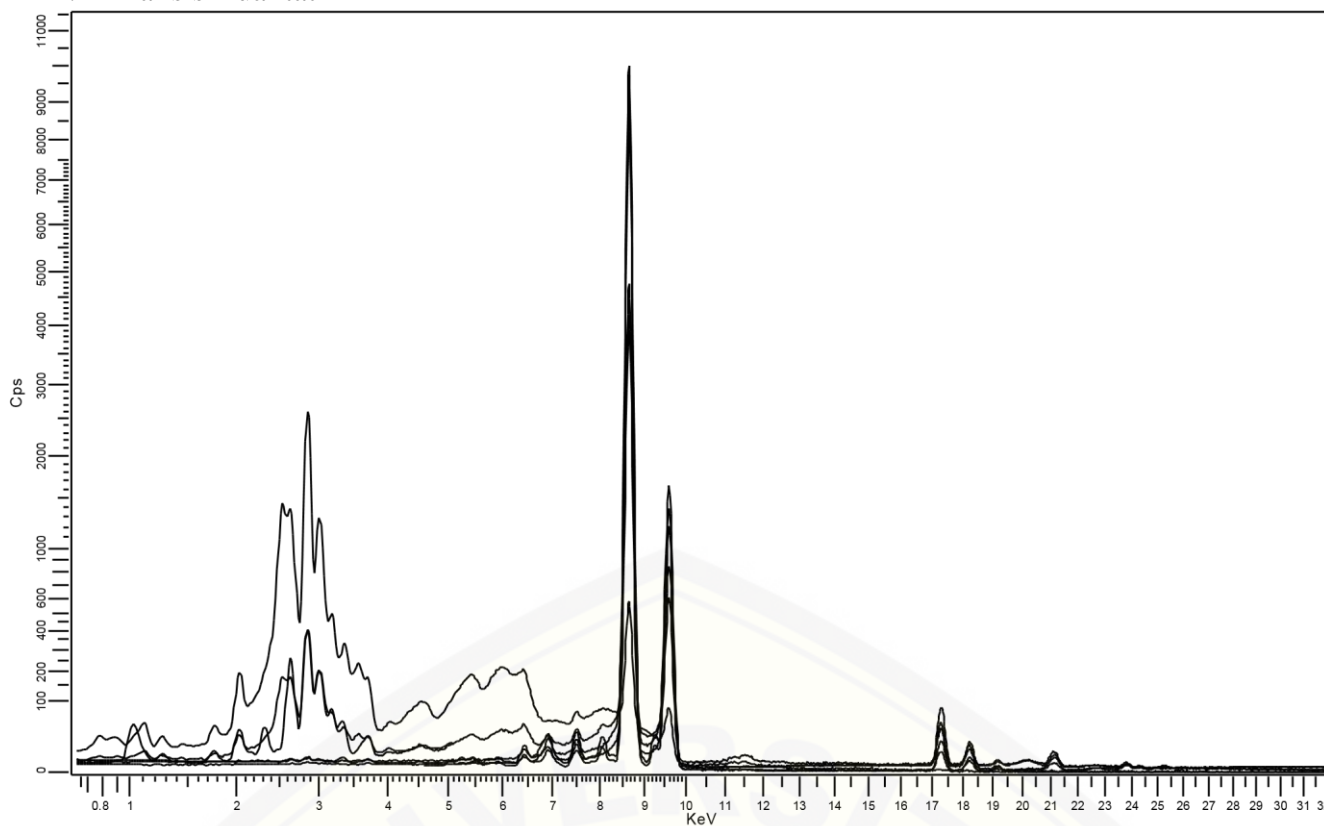
1. Analisis Kuantitatif

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
ZnO	30	92.58%	Fit spectrum	Zn KA1/EQ20
MgO	12	2.09%	Fit spectrum	Mg KA1/EQ20
P2O5	15	1.08%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
Cl	17	0.99%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
SO3	16	0.71%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
K2O	19	0.63%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
SiO2	14	0.44%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
CuO	29	0.25%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20
Ga2O3	31	0.23%	Fit spectrum	Ga KA1/EQ20
CaO	20	0.22%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
Nd2O3	60	0.21%	Fit spectrum	Nd LA1/EQ20
NiO	28	0.20%	Fit spectrum	Ni KA1/EQ20
Fe2O3	26	0.14%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
Cr2O3	24	0.07%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
Pr6O11	59	0.07%	Fit spectrum	Pr LA1/EQ20
TiO2	22	0.05%	Fit spectrum	Ti KA1/EQ20
MnO	25	0.04%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
SnO2	50	0.01%	Fit spectrum	Sn KA1/EQ40

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
Zn	30	74.38%	Fit spectrum	Zn KA1/EQ20
O	8	20.75%	Chem. bindings	
Mg	12	1.26%	Fit spectrum	Mg KA1/EQ20
Cl	17	0.99%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
K	19	0.52%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
P	15	0.47%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
S	16	0.28%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
Si	14	0.20%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
Cu	29	0.20%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20
Nd	60	0.18%	Fit spectrum	Nd LA1/EQ20
Ga	31	0.17%	Fit spectrum	Ga KA1/EQ20
Ca	20	0.15%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
Ni	28	0.15%	Fit spectrum	Ni KA1/EQ20
Fe	26	0.10%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
Pr	59	0.06%	Fit spectrum	Pr LA1/EQ20
Cr	24	0.05%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
Mn	25	0.03%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
Ti	22	0.03%	Fit spectrum	Ti KA1/EQ20
Sn	50	0.01%	Fit spectrum	Sn KA1/EQ40



2. Analisis Kualitatif



Surakarta, 9 November 2016

Mengetahui,
Kepala Lab.Terpadu MIPA UNS

Operator/Analisis

Dr. Sayekti Wahyuningsih, M.Si
NIP.19711211 199702 2001

Yohan Aldi I



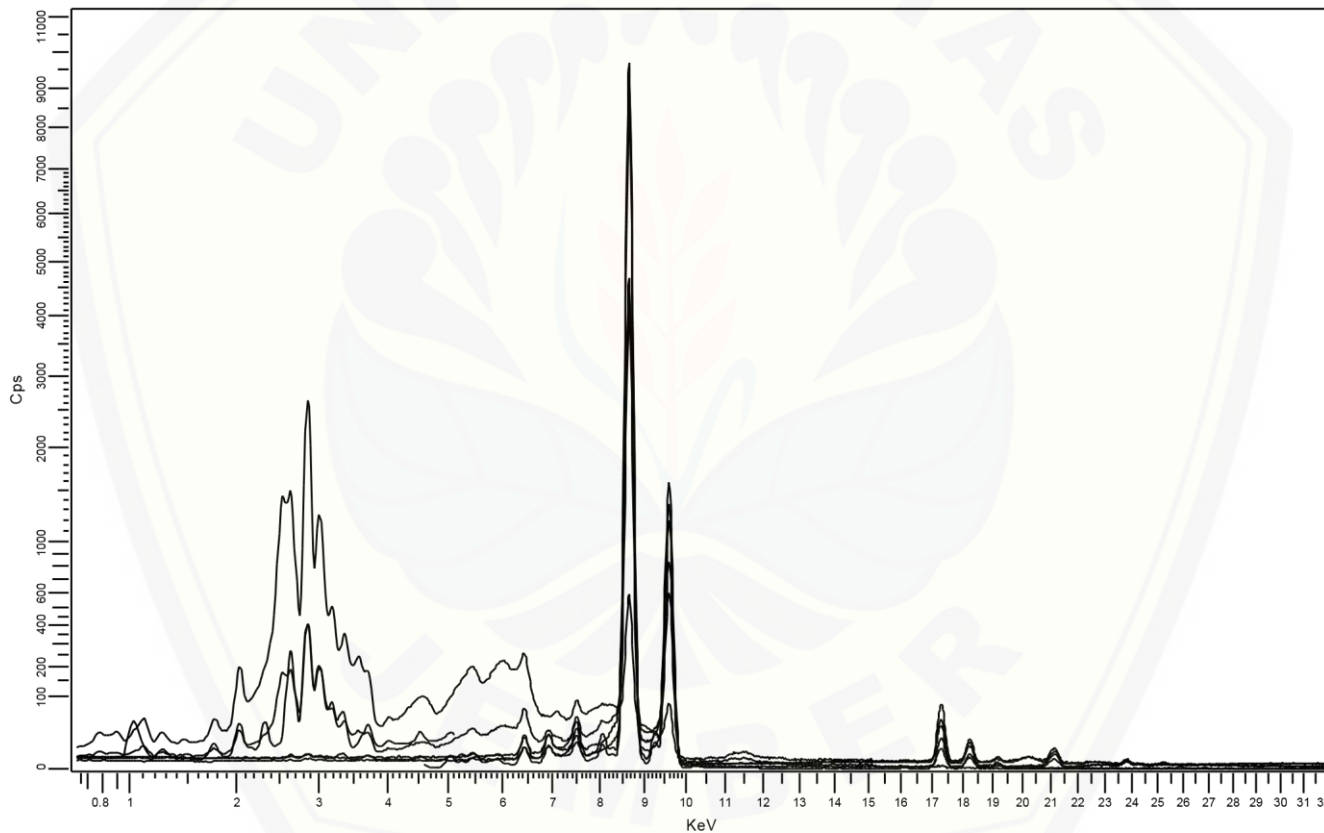
Nama konsumen : Achmad Zainur
 Jenis analisis : XRF
 Aplikasi/preparasi : EQUA_Powder/Mylar
 Jenis sampel : Serbuk
 Kode sampel : AchmadZ-UNEJ_ZnNi(5%)O
 Nama operator : Yohan Aldi Ismoyo
 Hari/Tanggal analisis : 9 November 2016
 Kontak : Dr. Sayekti W., M.Si (081568455281)

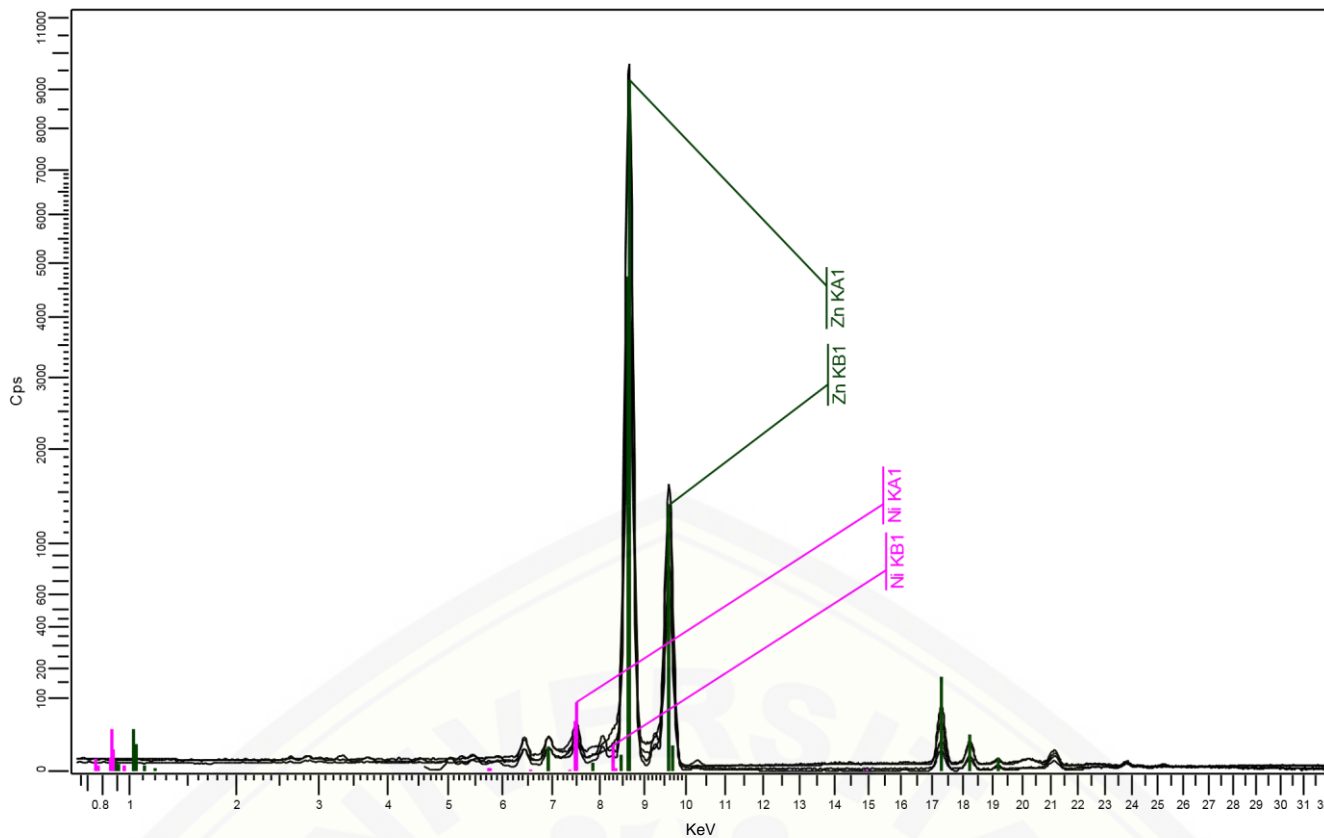
1. Analisis Kuantitatif

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
ZnO	30	91.20%	Fit spectrum	Zn KA1/EQ20
MgO	12	2.55%	Fit spectrum	Mg KA1/EQ20
P2O5	15	1.20%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
Cl	17	1.05%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
SO3	16	0.76%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
K2O	19	0.76%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
SiO2	14	0.65%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
CaO	20	0.32%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
Fe2O3	26	0.25%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
CuO	29	0.23%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20
NiO	28	0.23%	Fit spectrum	Ni KA1/EQ20
Ga2O3	31	0.21%	Fit spectrum	Ga KA1/EQ20
Nd2O3	60	0.21%	Fit spectrum	Nd LA1/EQ20
Pr6O11	59	0.12%	Fit spectrum	Pr LA1/EQ20
TiO2	22	0.12%	Fit spectrum	Ti KA1/EQ20
Cr2O3	24	0.09%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
MnO	25	0.04%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
SnO2	50	0.01%	Fit spectrum	Sn KA1/EQ40

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
Zn	30	73.27%	Fit spectrum	Zn KA1/EQ20
O	8	21.00%	Chem. bindings	
Mg	12	1.54%	Fit spectrum	Mg KA1/EQ20
Cl	17	1.05%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
K	19	0.63%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
P	15	0.53%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
S	16	0.30%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
Si	14	0.30%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
Ca	20	0.23%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
Cu	29	0.19%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20
Ni	28	0.18%	Fit spectrum	Ni KA1/EQ20
Nd	60	0.18%	Fit spectrum	Nd LA1/EQ20
Fe	26	0.17%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
Ga	31	0.16%	Fit spectrum	Ga KA1/EQ20
Pr	59	0.10%	Fit spectrum	Pr LA1/EQ20
Ti	22	0.07%	Fit spectrum	Ti KA1/EQ20
Cr	24	0.06%	Fit spectrum	Cr KA1/EQ20
Mn	25	0.03%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20

2. Analisis Kualitatif





Surakarta, 9 November 2016

Mengetahui,
Kepala Lab.Terpadu MIPA UNS

Operator/Analisis

Dr. Sayekti Wahyuningsih, M.Si
NIP.19711211 199702 2001

Yohan Aldi I



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
 UNIVERSITAS SEBELAS MARET
 FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MIPA TERPADU
 Jl. Ir. Sutami 36A, Kertaningrat, Surakarta, Jawa Tengah 57126

Nama konsumen : Achmad Zainur
 Jenis analisis : XRF
 Aplikasi/preparasi : EQUA_Powder/Mylar
 Jenis sampel : Serbuk
 Kode sampel : AchmadZ-UNEJ_ZnNi(7%)O
 Nama operator : Yohan Aldi Ismoyo
 Hari/Tanggal analisis : 9 November 2016
 Kontak : Dr. Sayekti W., M.Si (081568455281)

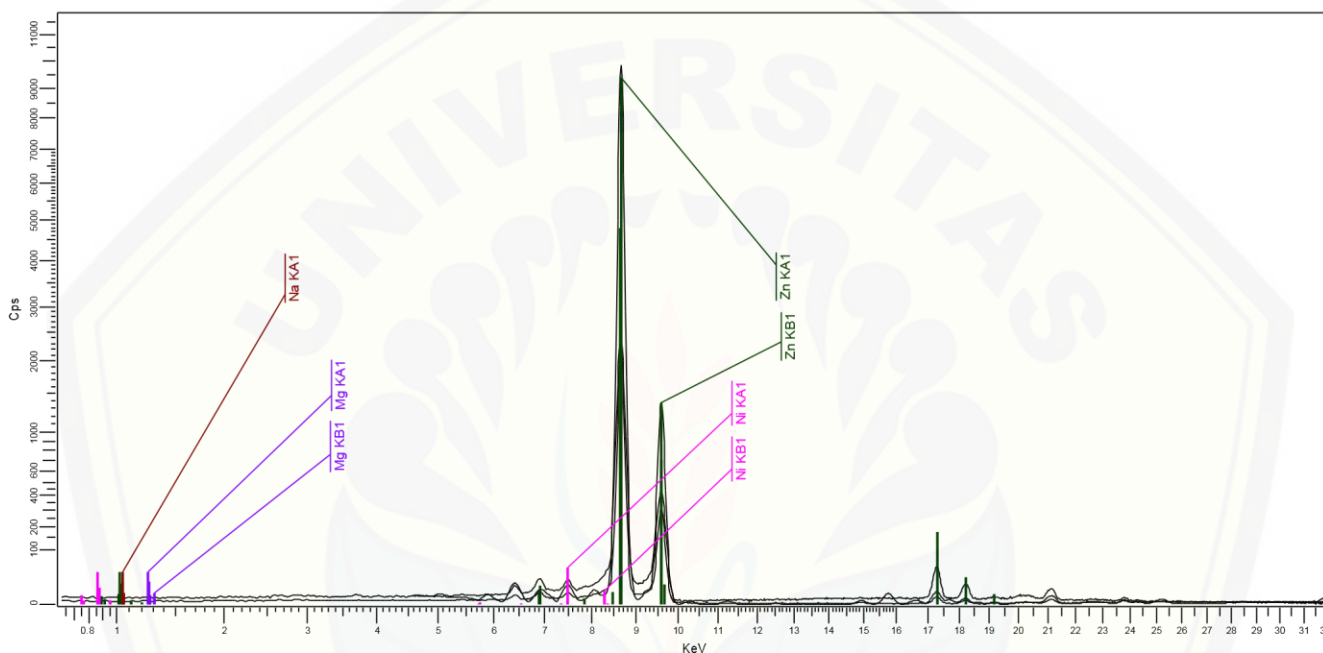
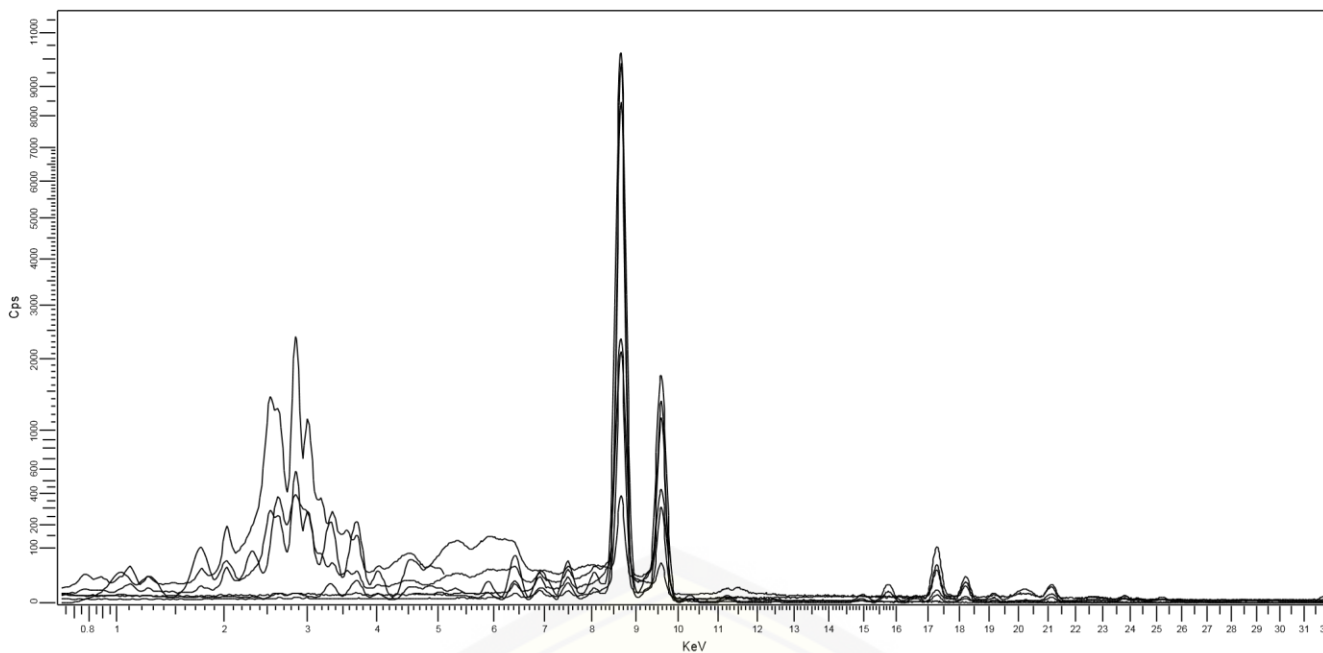
1. Analisis Kuantitatif

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
ZnO	30	52.67%	Fit spectrum	Zn KA1/EQ20
Na2O	11	17.04%	Fit spectrum	Na KA1/EQ20
MgO	12	13.03%	Fit spectrum	Mg KA1/EQ20
SiO2	14	5.14%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
K2O	19	2.36%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
CaO	20	1.94%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
SO3	16	1.47%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
P2O5	15	1.43%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
Cl	17	1.21%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
La2O3	57	0.97%	Fit spectrum	La KA1/EQ50
Fe2O3	26	0.72%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
CeO2	58	0.41%	Fit spectrum	Ce KA1/EQ50
TiO2	22	0.38%	Fit spectrum	Ti KA1/EQ20
NiO	28	0.29%	Fit spectrum	Ni KA1/EQ20
CuO	29	0.20%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20
MnO	25	0.18%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
Ga2O3	31	0.12%	Fit spectrum	Ga KA1/EQ20
ZrO2	40	0.10%	Fit spectrum	Zr KA1/EQ20
BaO	56	0.10%	Fit spectrum	Ba KA1/EQ40
Pr6O11	59	0.09%	Fit spectrum	Pr LA1/EQ20
CoO	27	0.07%	Fit spectrum	Co KA1/EQ20
V2O5	23	0.03%	Fit spectrum	V KA1/EQ20
SeO2	34	0.02%	Fit spectrum	Se KA1/EQ20
SnO2	50	0.01%	Fit spectrum	Sn KA1/EQ40

Formula	Z	Concentration	Status	Line 1
Zn	30	42.32%	Fit spectrum	Zn KA1/EQ20
O	8	26.16%	Chem. bindings	
Na	11	12.64%	Fit spectrum	Na KA1/EQ20
Mg	12	7.85%	Fit spectrum	Mg KA1/EQ20
Si	14	2.40%	Fit spectrum	Si KA1/EQ20
K	19	1.96%	Fit spectrum	K KA1/EQ20
Ca	20	1.39%	Fit spectrum	Ca KA1/EQ20
Cl	17	1.21%	Fit spectrum	Cl KA1/EQ20
La	57	0.83%	Fit spectrum	La KA1/EQ50
P	15	0.62%	Fit spectrum	P KA1/EQ20
S	16	0.59%	Fit spectrum	S KA1/EQ20
Fe	26	0.50%	Fit spectrum	Fe KA1/EQ20
Ce	58	0.33%	Fit spectrum	Ce KA1/EQ50
Ti	22	0.23%	Fit spectrum	Ti KA1/EQ20
Ni	28	0.23%	Fit spectrum	Ni KA1/EQ20
Cu	29	0.16%	Fit spectrum	Cu KA1/EQ20
Mn	25	0.14%	Fit spectrum	Mn KA1/EQ20
Ba	56	0.09%	Fit spectrum	Ba KA1/EQ40
Ga	31	0.09%	Fit spectrum	Ga KA1/EQ20
Pr	59	0.08%	Fit spectrum	Pr LA1/EQ20
Zr	40	0.07%	Fit spectrum	Zr KA1/EQ20
Co	27	0.06%	Fit spectrum	Co KA1/EQ20
V	23	0.02%	Fit spectrum	V KA1/EQ20
Sn	50	0.01%	Fit spectrum	Sn KA1/EQ40
Se	34	0.01%	Fit spectrum	Se KA1/EQ20

nilai R/R0 36.6 >30. Data lebih valid jika <30

2. Analisis Kualitatif



Surakarta, 9 November 2016

Mengetahui,
Kepala Lab.Terpadu MIPA UNS

Operator/Analisis

Dr. Sayekti Wahyuningsih, M.Si
NIP.19711211 199702 2001

Yohan Aldi I