



TUGAS AKHIR - SF 141501

**PERILAKU KOROSI STAINLESS STEEL 304
TERLAPISI KOMPOSIT PANi/ZrO₂ DENGAN VARIASI
FASA ZrO₂**

Dwi Wahyu Hardiyanto

NRP 0111144000025

Dosen Pembimbing

Dr.rer.nat. Triwikantoro, M.Sc

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



TUGAS AKHIR - SF 141501

**PERILAKU KOROSI STAINLESS STEEL 304
TERLAPISI KOMPOSIT PANi/ZrO₂ DENGAN VARIASI
FASA ZrO₂**

Dwi Wahyu Hardiyanto

NRP 0111144000025

Dosen Pembimbing

Dr.rer.nat. Triwikantoro, M.Sc

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT - SF 141501

**CORROSION BEHAVIOR OF STAINLESS STEEL 304
COATED WITH PANi/ZrO₂ COMPOSITES WITH ZrO₂
PHASE VARIATION**

Dwi Wahyu Hardiyanto

NRP 01111440000025

Advisor

Dr.rer.nat. Triwikantoro, M.Sc

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERILAKU KOROSI STAINLESS STEEL 304 TERLAPISI KOMPOSIT PANI/ZrO₂ DENGAN VARIASI FASA ZrO₂

Nama : Dwi Wahyu Hardiyanto
NRP : 0111144000025
Departemen : Fisika, FIA-ITS
Pembimbing : Dr.rer.nat. Triwikantoro, M.Sc

Abstrak

Pada penelitian ini disintesis zirkonia dari pasir zirkon alam menggunakan metode alkali fusion-kopresipitasi. Zirkonia yang dihasilkan kemudian dikalsinasi pada temperature 800⁰C dan 1200⁰C. Fasa zirkonia hasil alkali fusion-kopresipitasi dan hasil kalsinasi diidentifikasi menggunakan XRD. Hasil XRD zirkonia alkali fusion-kopresipitasi berfasa amorf, sedangkan serbuk zirkonia hasil kalsinasi pada suhu 800⁰C selama 3 jam terbentuk fasa tetragonal-zirkonia dan serbuk zirkonia hasil kalsinasi pada suhu 1200⁰C selama 6 jam terbentuk fasa tetragonal-zirkonia dan monoklinik-zirkonia. Zirkonia dengan fasa bervariasi ini dicampur dengan polianilin menggunakan metode polimerisasi in-situ sehingga terbentuk komposit PANI/ZrO₂. Komposit PANI/ZrO₂ dilapiskan ke permukaan baja SS 304, kemudian diuji perilaku korosinya menggunakan uji polarisasi. Struktur komposit PANI/ZrO₂ diuji menggunakan FTIR. Hasil uji FTIR menunjukkan adanya pergeseran puncak serapan, hal ini menunjukkan terbentuk komposit PANI/ZrO₂. Hasil uji polarisasi menunjukkan bahwa laju korosi CAT+PANI/a-ZrO₂, CAT+PANI/t-ZrO₂, CAT+PANI/(t-ZrO₂+m-ZrO₂+zirkon) adalah 38,825 x10⁻⁸mpy, 203,96 x10⁻⁸mpy, 7,6819 x10⁻⁸ mpy.

Kata kunci: Alkali fusion-kopresipitasi, Kalsinasi, Zirkonia

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**CORROSION BEHAVIOR OF STAINLESS STEEL 304
COATED WITH PANi/ZrO₂ COMPOSITES WITH ZrO₂
PHASE VARIATION**

Name : Dwi Wahyu Hardiyanto
NRP : 01111440000025
Department : Physics, FIA-ITS
Advisor : Dr.rer.nat. Triwikantoro, M.Sc

Abstract

In this study synthesized zirconia from natural zircon sand using alkali-fusion-coprecipitation method. The resulting zirconia is then calcined at 800⁰C and 1200⁰C temperatures. Alkali fusion-coprecipitated zirconia phase and calcination products are identified using XRD. The result of XRD zirconia alkali fusion-coprecipitation was amorphous, while calcined zirconia powder at 800⁰C for 3 hours formed a tetragonal-zirconia phase and calcined zirconia powder at 1200⁰C for 6 hours formed tetragonal-zirconia and monoclinic-zirconia phases. Zirconia with this varied phase is mixed with polyaniline using in-situ polymerization method to form composite PANI / ZrO₂. The PANI / ZrO₂ composite was superimposed onto the SS 304 steel surface, then tested its corrosion behavior using polarization test. The composite structure PANI / ZrO₂ is tested using FTIR. FTIR test results show that there is a shift of absorption peak, this indicates composite PANI / ZrO₂ formed. The polarization test results show that the corrosion rate of CAT + PANI / a-ZrO₂, CAT + PANI / t-ZrO₂, CAT + PANI / (t-ZrO₂ + m-ZrO₂ + zircon) is 38,825 x10⁻⁸mpy, 203,96 x10⁻⁸mpy, 7,6819 x10⁻⁸ mpy.

Keyword: *Alkali fusion-Coprecipitation, Calcination, Zirconia*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**PERILAKU KOROSI STAINLESS STEEL 304 TERLAPISI
KOMPOSIT PANi/ZrO₂ DENGAN VARIASI FASA ZrO₂**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh

Gelar Sarjana Sains

pada

Bidang Studi Material

Program Studi S-1 Departemen Fisika

Fakultas Ilmu Alam

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh

DWI WAHYU HARDIYANTO

0111144000025

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



(Dr. rer.nat. Triwikantoro, M.Sc)

NIP. 196601141990021001

Surabaya, 1 Agustus 2018



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala karunia, rahmat, dan petunjuk-Nya sehingga berhasil menyelesaikan laporan Tugas Akhir. Sholawat serta salam tetap turunkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW. Tugas Akhir ini penulis susun untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan strata satu untuk mendapatkan gelar sarjana sains di Departemen Fisika FIA ITS dengan judul :

“PERILAKU KOROSI STAINLESS STEEL 304 TERLAPISI KOMPOSIT PANi/ZrO₂ DENGAN VARIASI FASA ZrO₂”

Penulis persembahkan kepada masyarakat Indonesia guna berpartisipasi untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dalam bidang sains dan teknologi. Penulis sadar bahwa dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini tidak akan berjalan dengan baik dan selesai tanpa adanya bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Keluarga besar penulis, Ayah Subroto,S.Pd, Ibu Rina Afida,S.Pd, Ns.Wahyu Danang Setiawan, S.Kep yang telah memberikan doa, motivasi, semangat, dan dukungan yang tiada hentinya hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

2. Bapak Dr.rer.nat. Triwikantoro, M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah memberi banyak bantuan, bimbingan, wawasan, pengarahan, motivasi, dan dukungan selama proses penelitian hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr.rer.nat. Eko Minarto, S.Si, M.Si selaku dosen wali yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dan perwalian selama masa kuliah.
4. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono, M.Eng selaku Ketua Departemen Departemen Fisika FIA ITS yang telah memberikan kemudahan sarana kepada penulis selama masa kuliah.
5. Seluruh jajaran dosen dan staf karyawan di Departemen Fisika FIA ITS yang telah banyak memberikan ilmu, wawasan, pengalaman, dan bantuan selama masa kuliah.
6. Teman seperjuangan Fauzan, Natazsa, Romdhoni, Mbak Naqibatin, Mbak Leni dan ANTARES 2014.
7. Semua pihak yang berkontribusi dan membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang penulis yang tidak dapat sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan ini masih terdapat kesalahan. Mohon kritik dan saran pembaca guna menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas

Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak dan penulis mengucapkan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada semua pihak yang telah memberikan doa, dukungan, dan bantuan kepada penulis. Semoga segala bantuan, dukungan, dan doa yang diberikan kepada penulis dibalas dengan ganjaran yang sebesar-besarnya oleh Allah SWT. Aamiin Ya Robbal Alamiin.

Surabaya, Agustus 2018

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
COVER PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN	vi
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Zirkonia (ZrO_2)	6
2.2 Polianilin	10
2.3 Korosi.....	12

2.4 Polarisasi	15
2.5 Pasivasi	19
2.6 Pengujian korosi	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1 Peralatan dan Bahan.....	23
3.2 Prosedur Penelitian	23
3.3 Diagram Alir Penelitian	28
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Analisis Data XRF pasir zirkon	35
4.2 Analisis Data XRD Zirkonia.....	36
4.3 Analisis Data FTIR	37
4.4 Analisis Data Polarisasi	41
BAB V KESIMPULAN.....	46
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Kristal ZrO_2 Monoklinik	7
Gambar 2.2 Struktur Kristal ZrO_2 Tetragonal.....	8
Gambar 2.3 Diagram fasa ZrO_2 - SiO_2	9
Gambar 2.4 Struktur ikatan pada monomer anilin	10
Gambar 2.5 Struktur polimer polianilin.....	10
Gambar 2.6 Sel korosi sederhana.....	13
Gambar 2.7 Reaksi reduksi hidrogen dibawah control aktivasi. 15	
Gambar 2.8 Polarisasi konsentrasi selama reduksi hidrogrrn.....	16
Gambar 2.9 Sel elektroda seng dan hidrogen.....	17
Gambar 2.10 Diagram polarisasi seng-hidrogen	18
Gambar 2.11 Diagram laju korosi terhadap potensial elektroda (a) logam biasa (b) logam yang mengalami pasivitas..	20
Gambar 2.12 Rangkaian pengujian polarisasi.....	21
Gambar 2.13 Tafel plot	21
Gambar 3.1 Proses pemurnian $ZrSiO_4$	28

Gambar 3.2	Proses pemurnian ZrO_2	29
Gambar 3.3	Proses sintesis PANi	30
Gambar 3.4	Proses mendapatkan ZrO_2 dengan 3 fasa.....	31
Gambar 3.5	Proses sintesis PANi/ ZrO_2	32
Gambar 3.6	Proses pengecatan PANi/ ZrO_2	33
Gambar 4.1	Pola Difraksi sinar-X Zirkonia.....	37
Gambar 4.2	Pola serapan ZrO_2 , PANi, PANi/a- ZrO_2	39
Gambar 4.3	Pola serapan ZrO_2 , PANi, PANi/ ZrO_2 800.....	39
Gambar 4.4	Pola serapan ZrO_2 , PANi, PANi/ ZrO_2 1200.....	40

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Data hasil uji XRF pasir zirkon	35
Tabel 4.2	Nilai serapan hasil karakterisasi spektroskopi FTIR PANI, PANI/a-ZrO ₂ , a-ZrO ₂	39
Tabel 4.3	Nilai serapan hasil karakterisasi spektroskopi FTIR PANI, PANI/ZrO ₂ 800, ZrO ₂ 800	40
Tabel 4.4	Nilai serapan hasil karakterisasi spektroskopi FTIR PANI, PANI/ZrO ₂ 1200, ZrO ₂ 1200	41
Tabel 4.5	Tabel hasil uji polarisasi.....	42

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungan (Trethewey,1991). Korosi terjadi secara alami sehingga material logam pasti akan mengalaminya, terjadi peningkatan suhu, adanya unsur pengoksidan seperti Cl_2 , O_2 , SO_3 , NO_x kedua faktor ini meningkatkan laju korosi. Indonesia terletak garis ekuator sehingga sepanjang tahun disinari oleh matahari dan intensitas hujan yang tinggi, maka pembiayaan untuk penganggulanagn korosi sangat tinggi di Indonesia. Tetapi proses korosi bisa dihambat dengan metode *coating*, *impressed current*, *sacrificial anode* dan lain-lain. Metode coating sering digunakan karena murah dan *maintenance* yang mudah umumnya coating menggunakan cat khusus sesuai karakter bahan yang dilapisi dan lingkungan sekitar. Seperti pada *body* kapal laut dengan material SS 304 dengan lingkungan salinitas tinggi dipermukaan air laut perlu dilakukan pelapisan menggunakan cat tetapi perlu adanya zat tambahan agar meningkatkan kualitas cat dalam menurunkan laju korosi.

Indonesia adalah negara yang mempunyai sumber daya alam melimpah seperti pasir besi di lumajang, bijih timah di Bangka Belitung, pasir zirkon di kereng pangi Kalimantan tengah. Tetapi dalam proses pemanfaatannya masih belum maksimal seperti hal nya pasir zirkon kereng pangi Kalimantan tengah dengan kandungan zirkonium 92% (Leny 2018) potensi ini bisa dimanfaatkan karena zirkonia mempunyai beberapa kemampuan seperti resistan terhadap korosi, resistan terhadap oksidasi, resistan terhadap erosi, *thermal shock resistance* (Elsevier advanced technology 1993). Dengan beberapa kemampuan tersebut zirkon

bisa digunakan dalam pembuatan *coating* anti korosi. Korosi terjadi pada material logam seperti pada lambung kapal, material yang biasa digunakan pada lambung kapal yaitu SS 304. Material SS 304 pada keadaan terpapar oleh lingkungan salinitas tinggi NaCl 3.5% laju korosi $2362,3 \times 10^{-5}$ mm/years (Leny 2018) laju korosinya masih tergolong tinggi untuk memperlambat laju korosi perlu dilakukan modifikasi *coating*.

Pada penelitian ini SS 304 *dicoating* dengan komposit PANi/ZrO₂ penggunaan Polianilin (PANi) karena merupakan polimer konduktif, dapat teroksidasi secara reversible, mereduksi potensial yang berlebih dengan range yang lebar (A. Mirmohseni 1997) kemudian Zirkonia (ZrO₂) mempunyai sifat resistan terhadap korosi, resistan terhadap oksidasi, resistan terhadap erosi (Elsevier advanced technology 1993). Dari sifat tersebut pada penelitian ini berharap agar komposit PANi/ZrO₂ dapat mereduksi laju korosi yang terjadi pada plat SS 304. Serbuk ZrO₂ bisa dibuat dengan struktur amorf, Tetragonal-zirkonia, Monoklinik-zirkonia yang mempunyai sifat dan karakteristik yang berbeda terhadap resistansi korosi karena ukuran butir, luas permukaan kontak yang berbeda dan akan mempengaruhi perilaku korosi pada komposit PANi/ZrO₂.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

Perumusan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mendapatkan serbuk ZrO₂ dari pasir zirkon alam Kereng pangi?
2. Bagaimana mendapatkan ZrO₂ dengan fasa bervariasi amorf, t-ZrO₂, m-ZrO₂ melalui pemanasan?

3. Bagaimana membuat komposit PANi/ZrO₂ dengan struktur ZrO₂ bervariasi fasa?
4. Bagaimana pengaruh lapisan komposit PANi/ZrO₂ dengan fasa bervariasi terhadap perilaku korosi baja SS 304 pada lingkungan salinitas tinggi NaCl 3,5%?
5. Bagaimana pengaruh variasi fasa ZrO₂ sebagai *filler* terhadap sifat korosi baja yang dilapisi komposit PANi/ZrO₂?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini antara lain adalah:

1. Bahan ZrO₂ yang digunakan adalah berasal dari pasir zirkon kereng pangi Kalimantan tengah
2. Baja yang digunakan adalah SS 304
3. Jenis basa yang digunakan dalam proses alkali fusi adalah NaOH
4. Pelapisan menggunakan metode *spraying*

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mendapatkan serbuk ZrO₂ dari pasir zirkon alam Kereng pangi
2. Mendapatkan ZrO₂ dengan fasa bervariasi amorf, t- ZrO₂, m- ZrO₂ melalui proses kalsinasi
3. Membuat komposit PANi/ZrO₂ dengan struktur ZrO₂ bervariasi fasa
4. Mengetahui pengaruh lapisan komposit PANi/ZrO₂ dengan fasa bervariasi terhadap perilaku korosi baja SS 304 pada lingkungan salinitas tinggi NaCl 3,5%

5. Mengetahui pengaruh variasi fasa ZrO_2 sebagai *filler* terhadap sifat korosi komposit PANi/ ZrO_2

1.5 Manfaat penelitian

Penelitian ini dapat bermanfaat untuk peneliti, pembaca, laboratorium, industri dalam memberi wawasan bahwa bahan-bahan alam seperti pasir zirkon bisa dijadikan sebagai campuran produk anti korosi yang bisa mengatasi permasalahan korosi pada material logam.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini, terbagi dalam lima bab yaitu: Bab 1: Pendahuluan berisi latar belakang masalah, maksud dan tujuan, perumusan masalah dan manfaat tugas akhir. Bab 2: Tinjauan Pustaka menjelaskan zirkonia, korosi dan hal lain terkait tugas akhir. Bab 3: Metodologi Penelitian menguraikan metode dan tahap pengambilan data. Bab 4: Analisis Data dan Pembahasan berupa hasil data yang diperoleh, serta analisis yang dilakukan. Bab 5: Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan

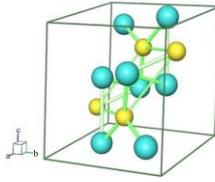
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Zirkonia (ZrO_2)

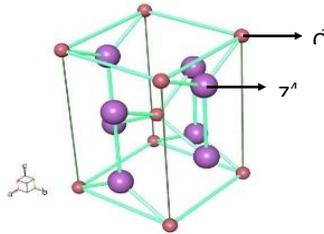
Bahan ZrO_2 ditemukan oleh M.H. Kalaproth pada tahun 1788 dalam bentuk mineral zirkon yang tidak ditemukan di alam dalam bentuk bebas tetapi sebagai oksida atau silikat dalam kerak bumi dan bebatuan dalam kadar kecil. Zirkonium dioksida adalah logam berwarna putih keabu-abuan, berbentuk kristal (amorf/struktur kristal yang tidak teratur), lunak, dapat ditempa dan diulur bila murni, juga tahan terhadap udara bahkan api. Bahan ini termasuk keramik teknik yang mempunyai sifat kegetasan (*brittle*) yang tinggi dan resistansi tinggi terhadap berbagai jenis asam dan alkali, air laut dan agen lain-lain, memiliki titik lebur yang sangat tinggi ($>2000\text{ }^\circ\text{C}$) dan sensitif terhadap gas oksigen (Fleming and Cahn, 2000). Umumnya mineral zirkonium mengandung unsur besi, kalsium sodium, mangan putih, bening hingga kuning kehijauan, coklat kemerahan, kuning kecoklatan dan gelap (Sajima dkk., 2007). Unsur zirkonium termasuk dalam golongan IV B pada sistem periodik yang mempunyai struktur kristal berbentuk heksagonal pejal (HCP) dan mempunyai penampang makroskopis yang kecil dengan keuletan yang tinggi. Bahan ini dapat mengalami transformasi fasa dari heksagonal tumpukan padat (HTP) menjadi kubus pusat ruang pada suhu sekitar $870\text{ }^\circ\text{C}$ (Schmuck, 1992).

Zirkonia tergolong material yang bersifat polimorfi yang memiliki tiga macam struktur kristal yaitu monoklinik ($<1170^\circ\text{C}$), tetragonal ($1170\text{-}2370^\circ\text{C}$), kubus ($>2370^\circ\text{C}$). Zirkonium murni pada suhu kamar memiliki struktur kristal monoklinik ($m\text{-}ZrO_2$) dan bila terkena pemanasan sampai $1000\text{-}1100^\circ\text{C}$ akan berubah

struktur kristalnya menjadi tetragonal ($t\text{-ZrO}_2$). Karena pada kisaran suhu 1000 -1100°C masih tergolong fase yang tidak stabil dan bila didinginkan kembali pada suhu ruang akan berubah kembali menjadi monoklinik ($m\text{-ZrO}_2$). Oleh karena itu, $m\text{-ZrO}_2$ atau $t\text{-ZrO}_2$ hanya sesuai untuk aplikasi pada suhu rendah atau suhu ruang, akan tetapi $m\text{-ZrO}_2$ atau $t\text{-ZrO}_2$ memiliki kekuatan mekanik lebih tinggi dibanding dengan $c\text{-ZrO}_2$. Sedangkan $c\text{-ZrO}_2$ tergolong fasa yang paling stabil terhadap perubahan suhu. Untuk menstabilkannya perlu struktur kristalnya sebagian atau seluruh diubah ke fasa $c\text{-ZrO}_2$. Proses penstabilan ini ada bermacam-macam yaitu *Fully Stabilized Zirconia* (FSZ), *Partially Stabilized Zirconia* (PSZ), dan *tetragonal Zirconia Polycrystal* (TZP) dimana dalam proses penstabilan tersebut memerlukan material penstabilan yang berbeda-beda seperti CaO, MgO, atau Y_2O_3 (Maghfirah, 2008). Gambar 2.1 dan 2.2 menunjukkan struktur kristal zirkonia menggunakan perangkat lunak Balls and Sticks (Ozawa and Kang, 2004). Pada Gambar 2.1 model yang digambar adalah sistem monoklinik dengan nomor grup ruang 14, parameter sel: $a = 5,1450 \text{ \AA}$, $b = 5,2070 \text{ \AA}$, $c = 5,3110 \text{ \AA}$ dan sudut $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 99,2^\circ$, $\gamma = 90^\circ$ (model yang dipakai adalah Smith dan Newkirk, 1965).

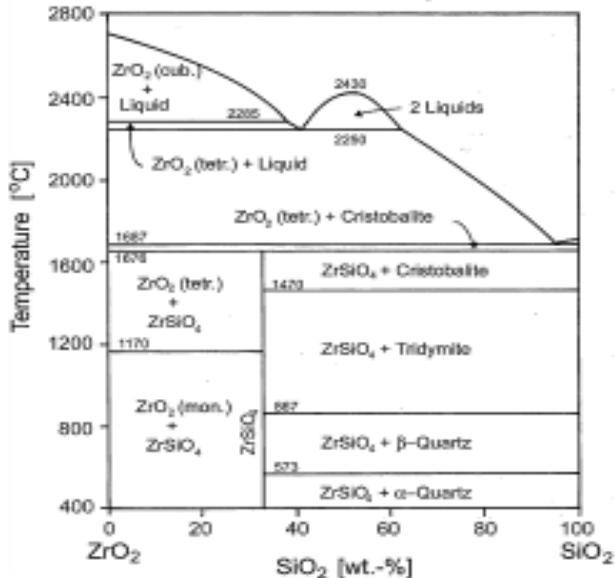


Gambar 2.1 Kristal m-ZrO₂ (Smith dan Newkirk, 1965).



Gambar 2.2 Kristal t-ZrO₂ (Smith dan Newkirk, 1965).

Sedangkan pada Gambar 2.2 model yang digambar adalah tetragonal dengan nomor grup ruang 14, parameter sel: $a = 3.640 \text{ \AA}$, $b = 3.640 \text{ \AA}$, $c = 5.270 \text{ \AA}$ dan sudut $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 90^\circ$, $\gamma = 90^\circ$ (model yang dipakai adalah Smith and Newkirk, 1965).



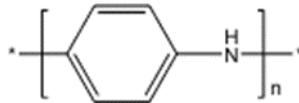
Gambar 2.3. Diagram fasa ZrO₂-SiO₂ (Kaiser, A et.al,2008)

Material berbasis ZrO₂ dengan struktur nanokristal mempunyai ketahanan oksidasi lebih tinggi dibandingkan dengan fasa amorf maupun kuasikristalnya. Kristalisasi bahan amorf berbasis ZrO₂ dengan penambahan unsur padamu Cu untuk 2 komponen (ZrCu) dan 3 komponen (ZrCuAl) dapat menambah nilai kekerasannya (Triwikantoro dan Sukendar, 2007). ZrO₂ termasuk keramik teknik yaitu keramik yang dibuat dengan oksida-oksida logam atau logam, selain ZrO₂ ada oksida logam seperti Al₂O₃, MgO, SiO₂ dan lain-lain. Keramik oksida ini tahan sampai dengan suhu 2000 °C. Pada tipe sel pembakaran *solid oxide fuel cell* (SOFC) yang bekerja pada suhu 1000 °C

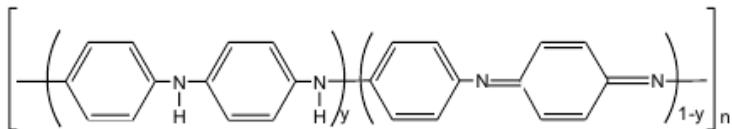
menggunakan keramik padat yaitu ZrO_2 sebagai elektrolit (Yandisage, 2009).

2.2 Polianilin

Polianilin (PANI) telah menarik perhatian sejak Mac Diarmid dkk menyelidiki bahan ini sebagai polimer konduktif karena sintesisnya sederhana, stabilitas di lingkungan, dan konduktivitas listriknya cukup baik. Sifat listrik polianilin dapat dikontrol secara dapat balik melalui *charge-transfer doping* dan protonasi. Pembuatan polimer yang dilakukan pada temperatur kamar menunjukkan berat molekul yang rendah dan tapak yang cacat (*defect sites*).



Gambar 2.4 Struktur ikatan pada monomer anilin (Kerileng M. Molapo.et.al.2012)



Gambar 2.5 Struktur polimer polyaniline (Kerileng M. Molapo.et.al.2012).

Polianilin biasanya disintesis melalui oksidasi monomer anilin secara kimia atau elektrokimia. Polianilin yang disintesis secara elektrokimia sulit untuk diproses karena kelarutannya yang rendah, sedangkan polianilin yang disintesis secara kimia memiliki berat

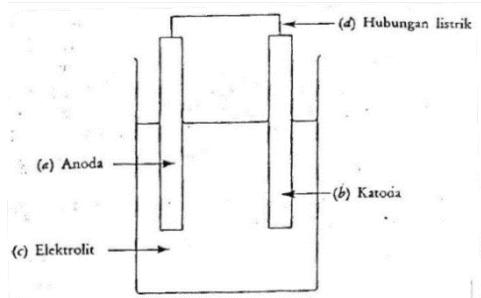
molekul yang rendah, yang berakibat pada kekuatan mekaniknya rendah. Saat ini terdapat usaha-usaha untuk mengembangkan metoda baru untuk mensintesis polianilin agar memperoleh sifat mekanik yang lebih baik sementara mempertahankan konduktivitas yang tinggi. Strategi yang paling umum yang diimplementasikan adalah mengubah agen pengoksidasi yang digunakan dalam reaksi polimerisasi kimia. Sebagai contoh, telah ditunjukkan bahwa bila $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ atau $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ digunakan, berat molekul yang tinggi dapat dicapai dengan menurunkan temperatur polimerisasi sampai di bawah 0°C . Berat molekul rata-rata berat yang telah dilaporkan menggunakan pendekatan ini adalah pada orde 10^5 (Liu G., 1997 : 5660).

Peningkatan kelarutan dapat dicapai dengan memasukkan substituen alkil yang meruah pada tulang punggung polianilin. Penghalusan yang intensif sering digunakan untuk mendispersi serbuk polianilin dalam pembuatan *film free-standing*. Dengan mensubstitusi gugus alkil pada tulang punggung polimer, peningkatan kelarutan dapat dicapai, tetapi keterbatasan kemudian terjadi pada konduktivitas polimer yang dihasilkan. Sebagai contoh, poli(*o*-toluidine), disintesis dari anilin tersubstitusi-metil, larut dengan cepat dalam tetrahidrofur dan khloroform, berlawanan dengan polianilin tak tersubstitusi yang tidak larut. Akan tetapi konduktivitas dari poli(*o*-toluidin) yang terdoping asam hanya $0,01-0,1 \text{ S.cm}^{-1}$, sedang konduktivitas polianilin terdoping berkisar dari $1-100 \text{ S.cm}^{-1}$. Kombinasi konduktivitas polianilin dengan kelarutan polianilin tersubstitusi adalah penting dan dapat dicapai melalui kopolimerisasi. Sebagai contoh, kopolimer anilin dengan *o*-toluidin atau *m*-toluidin dan *N*-butilanilin telah dilaporkan. Kopolimer anilin dengan anilin tersubstitusi menunjukkan kelarutan pelarut yang meningkat,

sementara mempertahankan konduktivitas listrik tinggi. Lagi pula, konduktivitas kopolimer ini dapat dengan mudah dihasilkan dengan memvariasi komposisi kopolimer (Conklin, J.A.dkk, 1995 : 6522).Hal lain yang penting untuk pembentukan film dan kemampuan pemrosesan polianilin adalah stabilitas termal dari polimer dalam bentuk serbuk basa dalam periode waktu lama. Polianilin adalah polimer penghantar listrik dengan stabilitas yang tinggi, turun secara pelan-pelan kelarutannya dalam NMP terhadap waktu telah teramati. Sebagai contoh, jika serbuk polianilin disimpan di udara pada temperatur kamar untuk beberapa minggu, hilang kelarutannya dalam NMP dan lebih sulit untuk memproses menjadi film yang koheren (Conklin, J.A.dkk, 1995 : 6522).

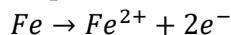
2.3. Korosi

Korosi merupakan kerusakan pada suatu material logam karena bereaksi dengan lingkungannya. Reaksi ini biasa menghasilkan produk korosi seperti oksida logam, sulfide logam, atau produk korosi lainnya. Berdasarkan jenis reaksinya, korosi terbagi menjadi dua macam, yaitu korosi kimia dan korosi elektrokimia. Korosi kimia terjadi murni karena adanya reaksi kimia yang berarti tanpa ada cairan elektrolit. Korosi jenis ini biasa terjadi pada temperature yang relative tinggi atau lingkungan udara yang kering. Sebaliknya korosi elektrokimia terjadi pada lingkungan basah, temperatur relatif rendah, dan terdapat mekanisme elektrokimia, reduksi dan oksidasi (Sulistijono,1999).



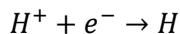
Gambar 2.6. Sel korosi sederhana (Sulistijono,1999).

Secara sederhana, mekanisme korosi dapat dilihat pada Gambar 2.1. Sebuah anoda disambungkan pada katoda oleh hubungan listrik di mana anoda dan katoda dicelupkan di dalam suatu larutan elektrolit. Potensial katoda lebih tinggi daripada potensial anoda. Karena adanya beda potensial, anoda mengalirkan elektron melalui hubungan listrik ke katoda. Elektron yang dialirkan ke katoda menyebabkan anoda kelebihan ion positif. Sehingga ion positif anoda dilepaskan ke elektrolit membentuk produk korosi dengan cara bereaksi dengan ion negatif elektrolit. Persamaan reaksi anoda dapat dituliskan sebagai berikut

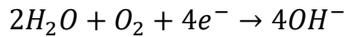


Berikutnya elektron yang menuju katoda akan mengakibatkan katoda kelebihan ion negatif. Sehingga ion negatif katoda bereaksi dengan ion positif elektrolit dan membentuk endapan pada katoda. Reaksi pada katoda ini kemudian menjelaskan bahwa katoda terproteksi karena munculnya endapan sebagai hasil dari reaksi dengan elektrolit. Persamaan reaksi yang terjadi pada katoda dapat ditulis sebagai berikut

a. $pH < 7$ (asam)



b. $\text{pH} > 7$ (basa)



(Trethewey, 1991)

Penjelasan diatas tidak hanya berlaku pada sel galvanik saja, misalnya logam yang diletakkan pada lingkungan atmosferik, pada logam itu aka nada bagian yang bersifat anoda dan sebagian bersifat katoda akibat adanya pengotor, sehingga reaksi galvanik dapat terjadi. Maka dapat disimpulkan, korosi elektrokimia berlangsung jika ada empat syarat, yaitu anoda, katoda, elektrolit, dan konduktor listrik (Sulistijono, 1991).

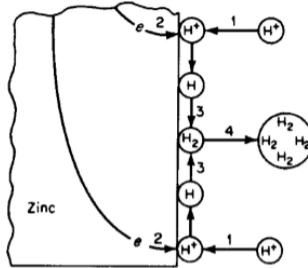
Metode penanggulangan korosi dapat dilakukan dengan menghilangkan salah satu syarat tadi. Metode yang paling mudah adalah dengan menghilangkan syarat terakhir, yaitu konduktor listrik. Permukaan logam yang bersifat konduktif dibuat menjadi bersifat isolator. Caranya bisa dengan memberi pelumas, untuk kasus logam yang bergerak. Selain itu dengan memberi pelumas bisa mengurangi aus karena kontak logam (Aini, 2013). Cara lainnya dengan melapisi permukaannya (*coating*). Coating sendiri ada banyak macamnya, tetapi yang praktis digunakan adalah coating dengan cat. Pengecatan logam dengan penambahan material lain terbukti dapat menekan laju korosi hingga $3,6 \times 10^{-2}$ mmpy untuk penambahan menggunakan PANi/SiO₂ (Gabriela, 2014) dan 0,0025 mmpy untuk penambahan PANi/TiO₂ (Andry, 2012).

2.4 Polarisasi

Suatu sel yang terhubung akan terjadi proses oksidasi dan reduksi pada elektroda yang mengakibatkan perubahan potensial pada elektroda-elektrodanya. Penyimpangan potensial dari kesetimbangannya ini disebut polarisasi (η). Besar polarisasi yang

dialamu dinamakan overpotensial atau overvoltage. Overvoltage ini menunjukkan perbedaan potensial elektroda dalam keadaan terhubung dan potensial saat keadaan seimbang (Sulistijono,1999).

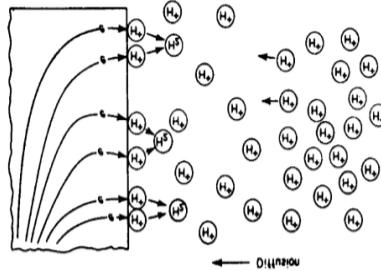
Polarisasi aktivasi adalah proses elektrokimia yang dikendalikan oleh reaksi beruntun pada *interface* logam-elektrolit. Penjelasan mudahnya dapat dilihat pada Gambar 2.2 tentang reaksi pembentukan hidrogen pada seng selama korosi di dalam larutan asam. Ion-ion hidrogen menempel pada permukaan seng atau teradsorpsi, ion hidrogen ini kemudian menarik elektron-elektron lalu ditransferkan ke ion hidrogen. Kemudian atom-atom hidrogen tadi bergabung dan membentuk gelembung gas hidrogen.



Gambar 2.7. Reaksi reduksi hidrogen dibawah kontrol aktivasi (Fontana,2005).

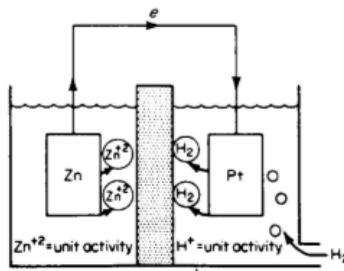
Polarisasi yang kedua adalah polarisasi konsentrasi. Polarisasi ini merupakan reaksi elektrokimia yang dikendalikan oleh difusi pada elektrolit. Gambaran reaksi ini dapat dilihat pada Gambar 2.7. Jumlah ion hidrogen yang terkandung pada elektrolit cukup sedikit dan laju reduksi dikendalikan oleh difusi ion-ion logam pada permukaan logam. Perlu dicatat, dalam kasus ini laju reduksi dikontrol oleh proses yang terdapat pada larutan dibandingkan pada permukaan logam. Polarisasi aktivasi biasa terjadi pada medium konsentrasi tinggi (asam terkonsentrasi), sedangkan polarisasi konsentrasi umumnya terjadi pada medium

yang spesies tereduksinya lebih kecil seperti asam terlarut dan larutan garam (Fontana,2005).



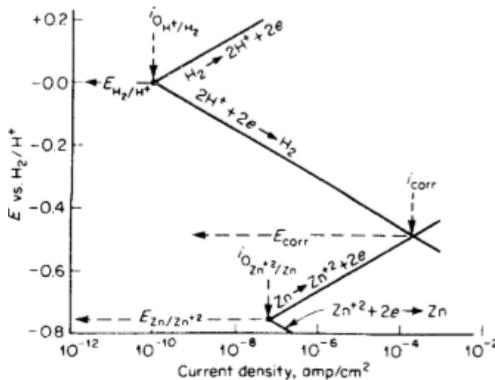
Gambar 2.8. Polarisasi konsentrasi selama reduksi hidrogen (Fontana,2005).

Potensial sel dalam kondisi terhubung, akan mempunyai potensial di antara potensial kesetimbangan anoda dan katoda (Gambar 2.8). Maka dapat diketahui bahwa potensial sel lebih besar dari potensial anoda dan lebih kecil dari potensial katoda. Hal ini berarti polarisasi katoda akan berharga negatif, sedangkan polarisasi anoda akan berharga positif. Polarisasi katoda bersifat anodik dan polarisasi anoda bersifat katodik.



Gambar 2.9. Sel dengan elektroda seng dan hidrogen (Fontana,2005).

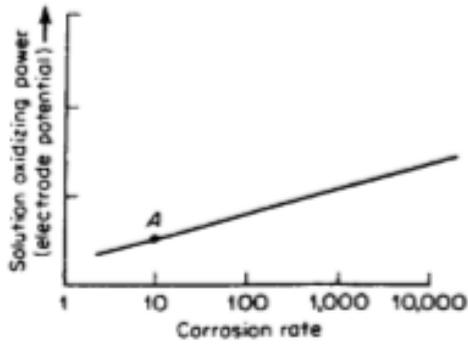
Gambar 2.9 menunjukkan diagram polarisasi dari sel. Diagram digambarkan dengan potensial sebagai ordinat dan arus sebagai absis. Arus muncul karena hubungan yang terjadi pada sel, dari sini terjadi polarisasi pada anoda dan katoda. Potensial anoda mengecil sedangkan potensial katoda membesar. Ini berarti menjelaskan bahwa ketika arus lewat terus menerus, reaksi pada masing-masing elektroda menjadi lebih sulit. Kurva polarisasi anoda dan katoda bertemu di suatu titik dengan nilai potensial dan arus yang sama. Titik ini menunjukkan besar arus korosi dan potensial korosi. Diagram polarisasi ini juga menjelaskan bahwa laju korosi tergantung pada besarnya overvoltage. Nilai overvoltage yang besar menyebabkan kurva polarisasi berpotongan pada titik yang dekat dengan pusat sumbu dengan akibat arus korosi yang kecil. Arus korosi yang kecil berarti menunjukkan laju korosi yang kecil. Untuk mendapat laju korosi kecil maka overvoltage diperbesar untuk anoda, katoda, atau keduanya.



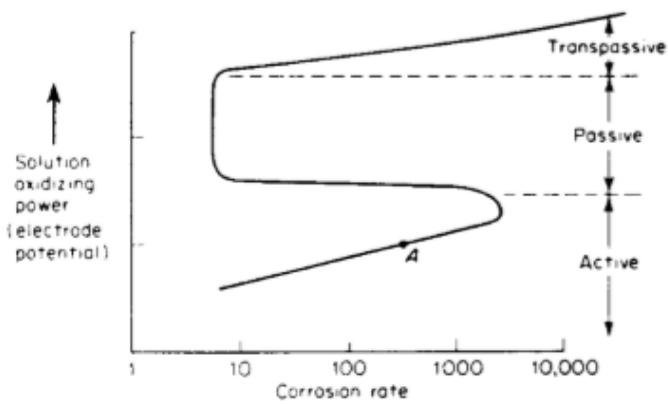
Gambar 2.10. Diagram polarisasi seng-hidrogen (Fontana,2005).

2.5 Pasivasi

Pasivasi adalah sebuah kondisi dimana suatu logam tidak mengalami reaksi kimia dalam suatu kondisi tertentu. Logam pada kondisi ini mempunyai sifat inert seperti logam mulia platinum atau emas. Logam yang tidak mengalami pasivitas seperti terlihat pada Gambar 2.6 (a), nilai laju korosi dan potensial elektrodanya akan meningkat secara linier. Kasus berikutnya logam yang mengalami pasivitas, grafik plot antara laju korosi dan potensial elektroda terbagi menjadi tiga daerah. Ketiga daerah itu adalah daerah aktif, daerah pasif, dan daerah transpasif. Daerah aktif ini memiliki sifat yang sama seperti logam biasa, dimana laju korosinya meningkat ketika konsentrasi oksidasi (potensial elektroda) diperbesar. Nilai laju korosi ini kemudian akan menurun lalu konstan ketika konsentrasi oksidasi diperbesar lagi, daerah inilah yang termasuk daerah pasif. Lalu ketika konsentrasi oksidasi berada pada tingkat yang tinggi, grafik menunjukkan kenaikan laju korosi lagi. Sifat terakhir inilah yang termasuk ke dalam daerah transpasif (Fontana,2005).



(a)



(b)

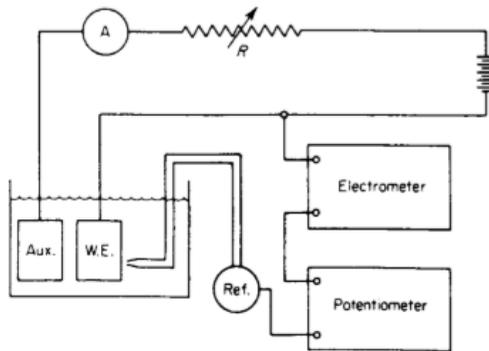
Gambar 2.11. Diagram laju korosi terhadap potensial elektroda.

(a) Logam biasa, (b) Logam yang mengalami pasivasi
(Fontana,2005).

2.6 Pengujian Korosi

2.6.1. Tafel Plot

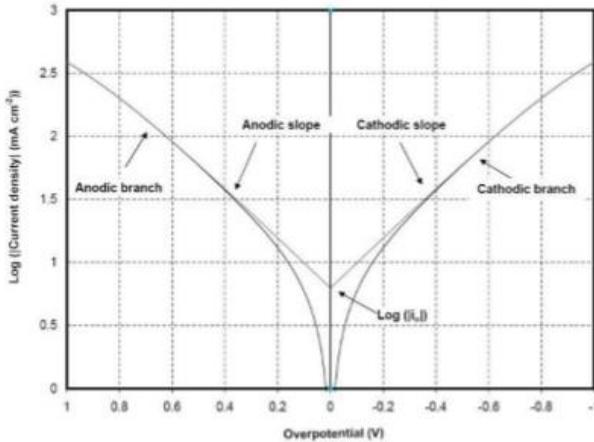
Teknik tafel plot sering digunakan untuk menghitung laju korosi suatu material dengan cara mengukur polarisasi di anoda dan katoda. Skema alat untuk pengamatan ini dapat dilihat pada Gambar 2.7. Sampel logam disini berlaku sebagai elektroda kerja, arus katoda didapatkan dari elektroda referensi. Elektroda referensi yang digunakan biasanya berupa material inert seperti Platina. Arus listrik yang mengalir pada rangkaian akan naik dengan mengurangi tahanan gesernya. Potensial dan arus pada tiap waktu diukur (Fontana,2005).



Gambar 2.12 Rangkaian pengujian polarisasi (Fontana,2005).

Anoda dan katoda yang direndam pada suatu larutan elektrolit, maka reaksi-reaksi pada katoda dan anoda berlangsung bersamaan. Korosi logam pada kasus ini terjadi ketika arus anoda sama dengan arus katoda. Beda potensial yang terjadi juga merupakan potensial korosi. Pada pengujian ini terdapat dua macam polarisasi, yaitu polarisasi anoda dan polarisasi katoda.

Kemudian akan dituliskan dalam persamaan Tafel menjadi konstanta Tafel anoda (β_a) dan konstanta Tafel katoda (β_c).



Gambar 2.13. Tafel Plot (Fontana,2005).

Nilai i_{corr} dapat dihitung dengan menggunakan konstanta Tafel anoda (β_a), konstanta Tafel katoda (β_c), dan tahanan polarisasi (R_p). Persamaan untuk menghitung i_{corr}

$$i_{corr} = \frac{\beta_a \beta_c}{2,303(\beta_a + \beta_c) R_p}$$

Nilai i_{corr} yang telah diperoleh lalu dapat digunakan untuk menghitung laju korosi pada sampel uji dengan menggunakan persamaan

$$C.R = 3,27 \times 10^3 \frac{A_e}{\rho} i_{corr}$$

Dimana C.R adalah laju korosi dalam mmpy, A_e massa ekuivalen logam, dan ρ massa jenis logam (Ahmad, 20

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Peralatan dan Bahan

Penelitian yang akan dilakukan membutuhkan alat-alat sebagai berikut, neraca, gelas beker 500 ml dan 1000 ml, corong, aluminium foil, spatula kaca, spatula besi, *magnetic stirrer*, kertas saring, oven, *planetary ball milling*, kertas mesh, magnet batang, *mixer*, pH meter, dan pipet titrasi. Sedangkan untuk keperluan karakterisasi dan pengujian digunakan alat-alat berikut, XRF (*X-Ray Fluorescence*) untuk mengetahui kandungan unsur yang terdapat pada sampel, XRD (*X-Ray Diffractometer*) untuk mengetahui fasa apa saja yang terdapat pada sampel, dan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) untuk gugus fungsi ikatan pada komposit. Berikut bahan-bahan yang digunakan yaitu, pasir zirkon dari kereng pangi kalimantan tengah, alkohol, air, aquades, HCl 37%, NaOH 7M baja SS-304, cat kapal, thinner, es batu, DBSA (*Dodecyl Benzene Sulfonic Acid*), anilin, APS (*Amonium Peroxydisulfat*), NaCl 3.5%.

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1. Sintesis $ZrSiO_4$

Preparasi Pasir Zirkon

Pasir zirkon dari kereng pangi Kalimantan tengah yang akan disintesis, sebelumnya dikarakterisasi dengan XRF bertujuan untuk mengetahui kandungan unsur-unsur yang ada pada pasir zirkon, sehingga nantinya didapat data awal untuk perbandingan hasil sintesis. Pasir Zirkon dicuci dengan menggunakan aquades. dilakukan untuk menghilangkan pengotor dan kandungan garam yang ada di pasir. Pasir yang telah dicuci kemudian dikeringkan berikutnya pasir yang telah kering diseparasi magnet

menggunakan magnet batang. Separasi ini bertujuan untuk memisahkan kandungan Fe pada pasir Zirkon.

Proses Penggilingan (Milling)

Proses *Ball milling* dilakukan untuk mendapatkan zirkon dalam orde mikro. Proses ini dilakukan selama 2 jam dengan waktu istirahat 30 menit untuk setiap 1 jamnya. Perbandingan bahan (gr): Bola *milling* (gr): alkohol (ml) yang akan dilakukan yaitu 3: 15:5. Proses *milling* dilakukan secara *wet milling* dengan medium alkohol pada kecepatan 150 rpm. Bola *milling* yang digunakan adalah bola zirkonia. Prinsip dari *milling* adalah mereduksi ukuran partikel dengan memberi gaya eksternal, pemberian gaya eksternal secara kontinu menyebabkan penambahan batas butir, ketika batas butir semakin banyak maka bahan cenderung mempunyai sifat elastis sehingga material akan lebih getas. Material yang bersifat getas ini kemudian akan mengalami deformasi elastis sehingga butiran pasir tadi akan pecah menjadi ukuran yang lebih kecil.

Proses Leaching dengan HCl 2M

Proses berikutnya adalah *leaching*, yaitu pencucian pasir zirkon dengan HCl 2M. Perbandingan pasir zirkon hasil *milling* dan HCl yang dipakai adalah 1:30. Proses *leaching* ini bertujuan untuk mengurangi impuritas yang masih terdapat pada pasir zirkon serta membersihkan kandungan unsur lain selain zirkon sehingga dapat menghasilkan zirkon dengan kemurnian yang lebih tinggi.

Proses Hidrothermal Zirkon

Proses hidrotermal ini bertujuan untuk memisahkan SiO₂ dari zirkon yang sudah disintesis. Proses ini dilakukan dengan menggunakan basa Natrium hidroksida (NaOH) pada suhu 250⁰C hingga sampel mengkerak. Sampel yang sudah mengkerak

ditambahkan aquades dan distirrer selama 1 jam pada temperature ruang. Material hasil sintesis kemudian diendapkan selama 24 jam dan dicuci dengan aquades sampai pH 7.

3.2.2. Sintesis ZrO_2

Proses alkali fusion Zirkon ($ZrSiO_4$)

Untuk mendapatkan zirkonia (ZrO_2), 10gram serbuk $ZrSiO_4$ dialkali fusion dengan 15gram NaOH diaduk dengan spatula hingga menjadi bola-bola rata. Sampel diletakkan di *crucible* kemudian dipanaskan di dalam furnace dengan suhu $700^{\circ}C$ dengan holding time 3jam. Sample setelah dipanaskan dipindahkan ke glass beker kemudian dicampurkan aquades dengan penambahan tiap 1gram sample aquades yang ditambahkan adalah 100 ml. Sample di stirrer selama 1 jam dengan suhu ruang kemudian diendapkan. Pada glass beker terbentuk endapan Na_2ZrSiO_4 dicuci kemudian dikeringkan sehingga menjadi serbuk dan larutan $Na_2Si_2O_3$ dibuang. Serbuk Na_2ZrSiO_4 direaksikan dengan HCl 10M pada suhu $100^{\circ}C$ dan distirrer dengan setiap 7gram Na_2ZrSiO_4 ditambahkan 210 ml HCl 10M sehingga hasil reaksi diendapkan selama 24 jam, diambil cairan yang berwarna kuning ($ZrOCl_2$) dan dibuang yang berwarna putih. Larutan berwarna kuning harus segera dilakukan titrasi.

Proses Titrasi

Larutan kuning ($ZrOCl_2$) ditambahkan aquades dengan perbandingan 1:1 dan distirrer. Lalu dilakukan titrasi dengan NH_4OH 10% sampai pH 7 proses ini harus dilakukan di kotak asam. Setelah titrasi akan menghasilkan cairan bening seperti susu. Kemudian diendapkan selama 24 jam dan dicuci 15 kali dengan aturan 180ml $ZrSiO_4$ ditambah 60ml aquades.

3.2.3. Kalsinasi ZrO₂

Serbuk ZrO₂ yang dihasilkan dikeringkan kemudian dibagi 3 bagian, bagian pertama tidak dilakukan proses kalsinasi sehingga mendapatkan ZrO₂ dengan struktur amorf, bagian kedua untuk mendapatkan ZrO₂ struktur t- ZrO₂ dikalsinasi dengan suhu 1200⁰C selama 6 jam dan bagian ketiga untuk mendapatkan m-ZrO₂ dikalsinasi dengan suhu 800⁰C selama 3 jam.

3.2.4. Sintesis Polianilin

Pertama yaitu sintesis larutan A dan kedua sintesi larutan B. Sintesis A yaitu dengan mencampurkan 4,56gram *Amonium Peroxydisulfat* (APS) dan 100 ml aquades. Larutan tersebut diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama ± 30 menit dengan kecepatan 5 rpm. Pada sintesis larutan B dengan mencampurkan 1,86 gram anilin; 4,46 gram Dodecyl Benzene sulfonic acid (DBSA); dan 100 ml aquades. Larutan tersebut diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama ± 30 menit. Pencampuran ini dilakukan pada temperatur < 5⁰C dan menggunakan kecepatan 5 rmp. Larutan A yang sudah disintesis, kemudian di campur dengan larutan B dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama ± 8 jam. Setelah proses polimerisasi selesai, maka larutan PANi dicuci dengan aseton kemudian dicuci dengan air hingga bening. Setelah itu, larutan disaring dengan menggunakan kertas saring.

3.2.5. Sintesis Komposit PANi/ZrO₂

Sintesis PANi/ZrO₂ dilakukan menggunakan cara yang sama dengan sintesis Polianilin (PANi). Pertama yaitu sintesis larutan A dan kedua sintesi larutan B. Sintesis A yaitu dengan mencampurkan 4,56gram *Amonium Peroxydisulfat* (APS) dan 100

ml aquades. Larutan tersebut diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama ± 30 menit dengan kecepatan 5 rpm. Penambahan ZrO_2 dilakukan pada sintesis larutan B. Pada sintesis larutan B dengan mencampurkan 1,12 gram ZrO_2 ; 1,86 gram anilin; 4,46 gram Dodecyl Benzene sulfonic acid (DBSA); dan 100 ml aquades. Larutan tersebut diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama ± 30 menit. Pencampuran ini dilakukan pada temperatur $< 5^\circ C$ dan menggunakan kecepatan 5 rpm. Larutan A yang sudah disintesis, kemudian di campur dengan larutan B dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama ± 8 jam. Setelah proses polimerisasi selesai, maka larutan didinginkan hingga mencapai temperatur $0^\circ C$. Setelah proses tersebut selesai, maka larutan PANi/ ZrO_2 dicuci dengan aquades hingga bening dan kemudian dicuci dengan aseton. Setelah itu, larutan disaring dengan menggunakan kertas saring. Proses dilakukan sebanyak 3 kali dengan variasi struktur ZrO_2 yaitu a- ZrO_2 , ZrO_2 800, ZrO_2 1200.

3.2.6. Coating PANi/ ZrO_2

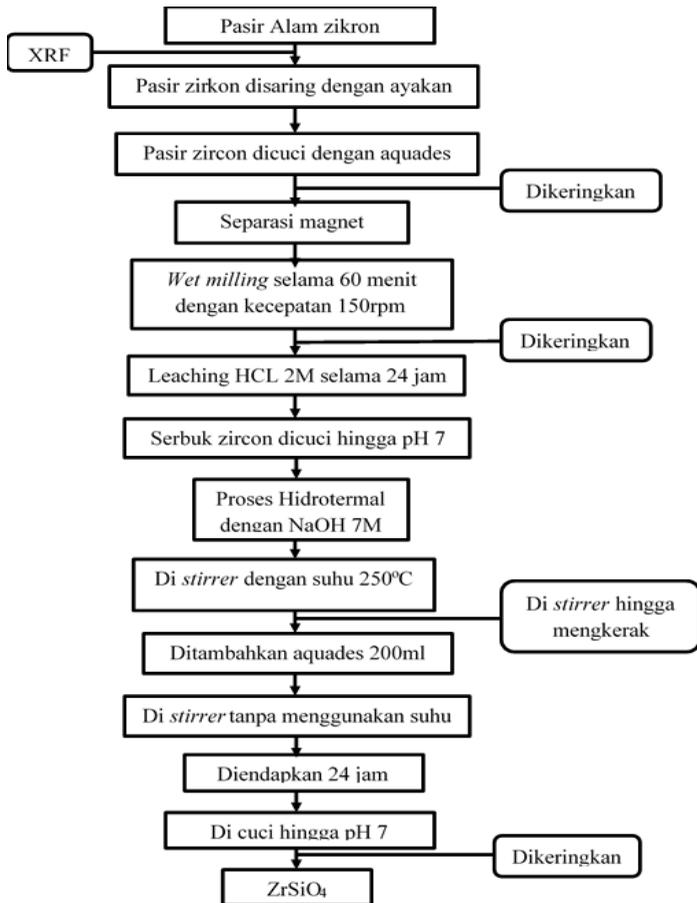
Baja SS 304 dilapisi dengan epoksi terlebih dahulu sebagai *pre-coating*, hal ini agar kualitas *coating* lebih baik. Pencampuran cat kapal dan *Thinner* dengan massa PANi/ ZrO_2 0,5 gram. Sedangkan perbandingan cat kapal dan thinner yaitu 5 ml:15 ml. Setelah itu dapat dilakukan uji polarisasi.

3.2.7. Karakterisasi Material

Karakterisasi dari material yang telah dihasilkan yaitu dengan menggunakan *X-Ray Diffractometer (XRD)*, *X-Ray Fluorescence (XRF)*, *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*, *Potensiodynamic*.

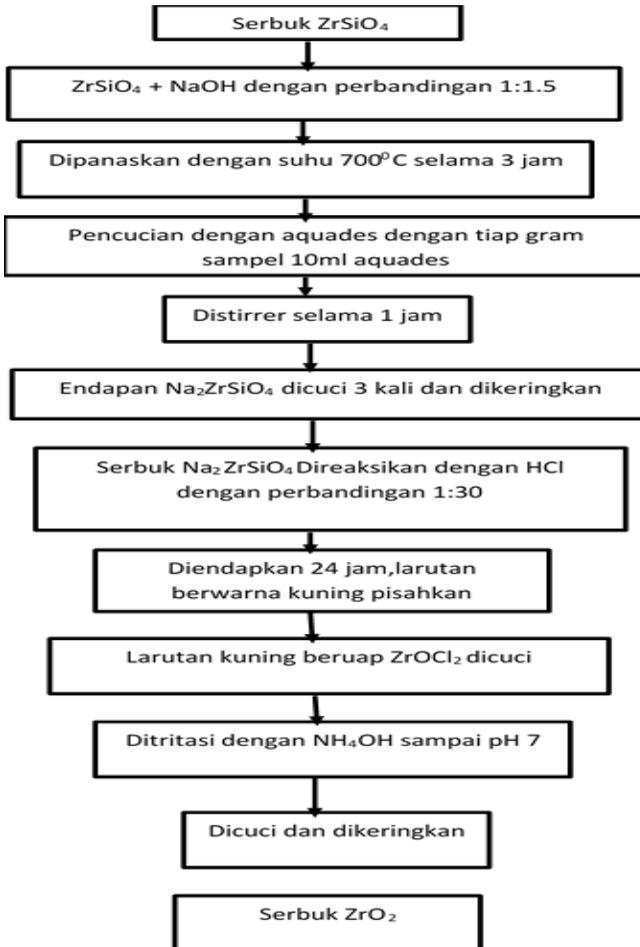
3.3 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Sintesis $ZrSiO_4$



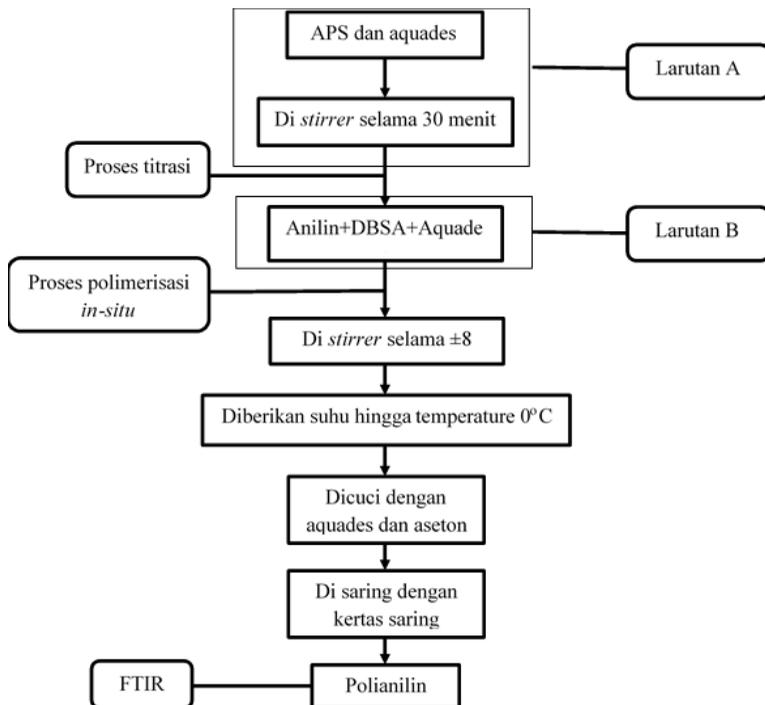
Gambar 3.1 Proses pemurnian $ZrSiO_4$

3.3.2 Sintesis ZrO_2



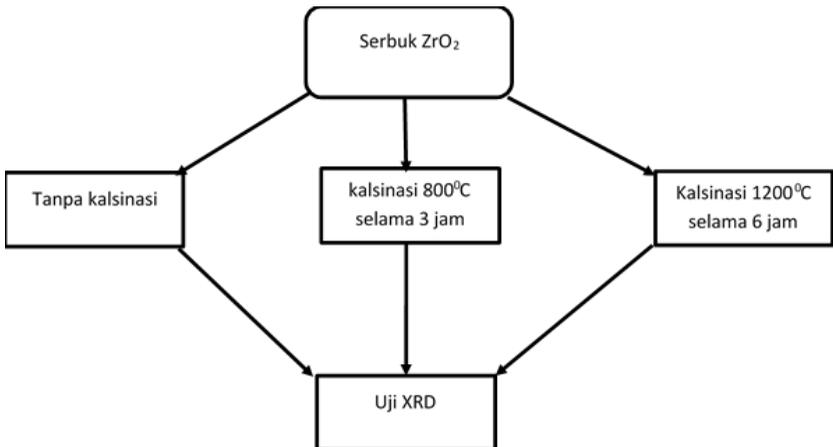
Gambar 3.2 Proses pemurnian ZrO_2

3.3.3 Sintesis PANi



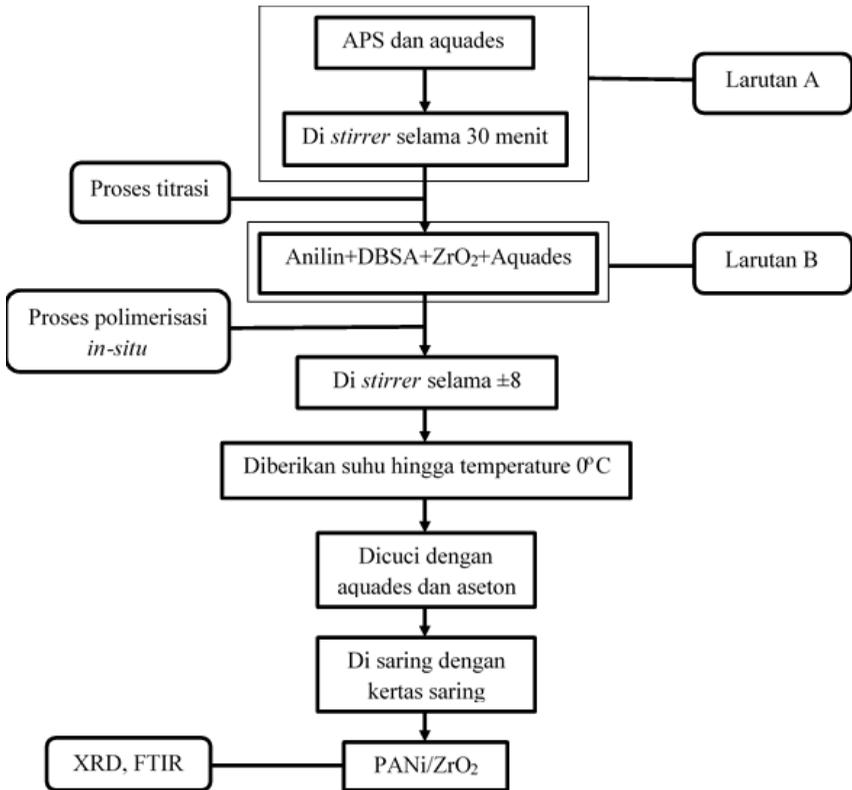
Gambar 3.3 Proses sintesis PANi

4.3.4. Proses mendapatkan 3 variasi fasa ZrO_2



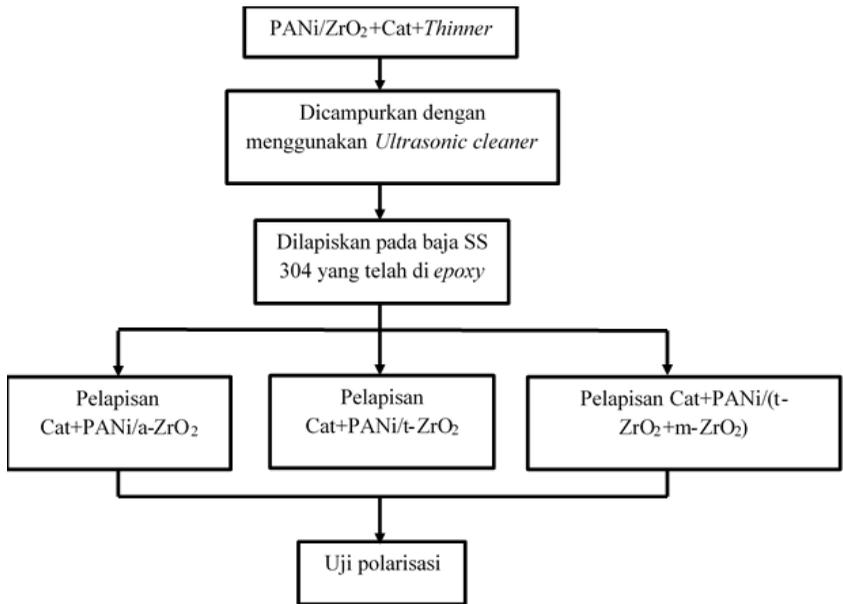
Gambar 3.4 Proses mendapatkan ZrO_2 dengan 3 jenis fasa

3.3.5 Sintesis PANi/ZrO₂



Gambar 3.5 Proses sintesis PANi/ZrO₂

3.3.6 Proses pengecatan PANi/ZrO₂



Gambar 3.6 Proses pengecatan PANi/ZrO₂

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data XRF Pasir Zirkon

Pada penelitian ini digunakan bahan dasar dari material alam, yaitu pasir Zirkon yang didapatkan dari Kereng pangi, Kalimantan Tengah. Pasir alam ini memiliki kandungan Zirkonium sangat tinggi. Untuk mengetahui presentase komposisi unsur yang terkandung dari pasir zirkon ini, maka dilakukan pengujian dengan menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF). Dari data hasil pengujian XRF ini dapat diketahui persentase kandungan Zirkonium yang ada pada pasir Zirkon. Data hasil karakterisasi dengan pengujian XRF pasir Zirkon dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

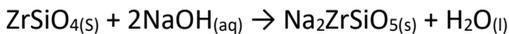
Tabel 4.1 Data hasil karakterisasi XRF pasir Zirkon.

No	Unsur	Presentase (%)
1.	Zr	92
2.	Si	2,5
3.	Ti	2,17
4.	Hf	1,36
5.	Fe	0,441
6.	Ni	0,431
7.	Cr	0,372
8.	Y	0,26
9.	Lain-lain	0,236

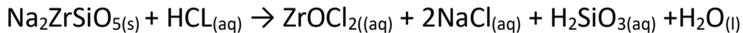
Dari data hasil karakterisasi XRF yang dapat dilihat dari Tabel 4.1 dapat diketahui presentase kandungan awal zirkonium dari pasir zirkon adalah sebesar 92%. Zirkonium banyak ditemukan berikatan dengan silika membentuk Zirkon ($ZrSiO_4$).

4.2 Analisis Data Hasil XRD Zirkonia

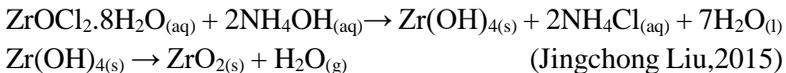
Pada penelitian ini dilakukan pengujian XRD untuk mengetahui fasa yang terbentuk pada masing-masing sampel. Untuk mendapatkan Zirkonia (ZrO_2) dari serbuk zirkon ($ZrSiO_4$) dilakukan proses leaching yaitu direaksikan dengan HCl 2M. Setelah itu proses Hidrotermal yaitu mereaksikan Zirkon dengan NaOH 7M pada suhu $250^{\circ}C$ sampai mengerak setelah itu dicuci dengan aquades sampai pH 7 tujuannya untuk meningkatkan persentase zirkon. Untuk memisahkan silika pada zirkon dilakukan proses alkali fusion-kopresipitasi dengan mereaksikan zirkon dengan NaOH pada suhu $700^{\circ}C$ 3 jam dan dilarutkan dengan aquades, berikut reaksi kimia alkali fusion



Na_2ZrSiO_5 tidak larut dalam air dan tidak terhidrolisis dan kemudian direaksikan dengan HCl sebagai berikut



Setelah direaksikan dengan HCl akan terbentuk endapan putih H_2SiO_3 dan larutan kuning $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$. Larutan kuning disaring dan dilakukan proses titrasi dengan NH_4OH dengan reaksi kimia sebagai berikut



Maka akan didapatkan serbuk zirkonia, hasil uji XRD seperti pada Gambar 4.1 serbuk zirkonia fasanya amorf sesuai dengan penelitian (Herman, 2015). Kemudian dilakukan kalsinasi dengan

variasi suhu 800⁰C kemudian dianalisis dengan software match! dengan CIF 2300612 Sehingga dapat diketahui fasa yang terbentuk seperti pada Gambar 4.1 yaitu t-ZrO₂ dengan posisi puncak 2θ di 30.36⁰, 35.09⁰, 43.38⁰, 50.43⁰, 60.52⁰, 62.71⁰. Zirkonia mempunyai 3 polimorfi yaitu m-ZrO₂ stabil pada suhu dibawah 1170⁰C, t-ZrO₂ stabil pada suhu diatas 1170⁰-2370⁰ C, c-ZrO₂ stabil pada suhu diatas 2370⁰ C. Pada penelitian ini kalsinasi serbuk zirkonia dengan suhu 800⁰C terbentuk fasa t-ZrO₂ seharusnya fasa ini terbentuk pada suhu diatas 1170⁰C, hal ini dipengaruhi oleh peran air dalam nanopartikel yang dapat mempengaruhi untuk terbentuknya fasa t-ZrO₂ pada suhu rendah dalam keadaan metastabil t-ZrO₂ (Vasilevskaya,2015) yang memiliki ukuran 5.8 nm hasil analisis dengan software MAUD. Serbuk zirkonia hasil kalsinasi dengan suhu 1200⁰C diuji XRD didapatkan hasil seperti Gambar 4.1 bagian atas terbentuk fasa m-ZrO₂, t-ZrO₂, Zirkon. m-ZrO₂ terbentuk pada suhu 1200⁰C padahal seharusnya terbentuk pada suhu dibawah 1170⁰C berdasarkan penelitian (Jingchong Liu,2015) mulai terbentuk m-ZrO₂ pada suhu diatas 800⁰-1000⁰C dan stabil pada suhu 1100⁰C, hal ini terjadi karena hilangnya air anhidrat pada serbuk zirkonia amorf jumlah t-ZrO₂ akan menurun dan jumlah m-ZrO₂ meningkat hal ini terjadi karena transfer massa selama rekristalisasi yang dapat di ilustrasikan sebagai berikut

4.3 Analisis Data spektroskopi FTIR

Analisis gugus fungsi material dengan digunakan pengujian FTIR, analisis ini dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi ZrO_2 , PANI, PANI/ ZrO_2 hasil pengujian sebagai berikut dikelompokkan sesuai dengan variasi kalsinasi zirkonia

Tabel 4.2 Nilai serapan hasil karakterisasi spektroskopi FTIR PANI, PANI/a- ZrO_2 , a- ZrO_2

Referensi (cm ⁻¹)	Ikatan gugus fungsi	PANI	PANI/a- ZrO_2	a- ZrO_2
1130-1000	C-N stretch of benziod ring	1086,57 1026,28	1056,47 1023,46	-
1335-1250	C-N stretch of Q-B-Q	1128,43	1281,65	-
1500-1400	C=C benzoid ring stretch	1455,55	1434,7	-
1760-1540	C=N stretch of quinoid ring	1652,02 1557,46	1651,72 1538,62	-
615-435	Zr-O	-	455,62 446,70	600,09
4000-2500	O-H	3373,09 3224,27 2955,15 2917,15 2841,16	3374,92 3213,64 2951,98 2910,82 2844,33	3735,63 3226,6

Tabel 4.2 merupakan daftar antara nilai serapan referensi dengan nilai serapan hasil karakterisasi terjadi pergeseran nilai serapan seperti pada ikatan C-N *stretch of benziod ring* 30cm⁻¹ dan 3cm⁻¹, ikatan C-N *stretch of Q-B-Q* 153,22 cm⁻¹, ikatan C=C *benzoid ring stretch* 20,85 cm⁻¹, ikatan C=N *stretch of quinoid ring* 0,3 cm⁻¹ dan 18,84 cm⁻¹, ikatan Zr-O 144,47 cm⁻¹ 153,39 cm⁻¹, dan ikatan O-H

1 cm^{-1} sehingga dapat disimpulkan secara kualitatif pembuatan komposit PANI/ZrO₂ dengan ZrO₂ amorf berhasil karena mempunyai nilai serapan yang masih dalam rentang serapan referensi dengan PANI dan ZrO₂.

Tabel 4.3 Nilai serapan hasil karakterisasi spektroskopi FTIR FTIR PANI, PANI/ZrO₂ 800, ZrO₂ 800.

Referensi (cm ⁻¹)	Ikatan gugus fungsi	PANI	PANI/ZrO ₂ 800	ZrO ₂ 800
1130-1000	C-N stretch of benziod ring	1026,28 1086,57	1069 1023,66	-
1335-1250	C-N stretch of Q-B-Q	1288,43	1283,89	-
1500-1400	C=C benzoid ring stretch	1455,55	1434,75	-
1760-1540	C=N stretch of quinoid ring	1652,02 1557,46	1634,21 1538,57	-
615-435	Zr-O	-	436,96	436,02
4000-2500	O-H	3373,09 3224,27 2955,15 2917,15 2841,16	3381,43 3326 2951,98 2910,82 2844,33	3350,85

Tabel 4.3 merupakan daftar antara nilai serapan referensi dengan nilai serapan hasil karakterisasi terjadi pergeseran nilai serapan seperti pada ikatan C-N *stretch of benziod ring* 17,57 cm^{-1} dan 2,62 cm^{-1} , ikatan C-N *stretch of Q-B-Q* 4,54 cm^{-1} , ikatan C=C *benzoid ring stretch* 20,85 cm^{-1} , ikatan C=N *stretch of quinoid ring* 17,81 cm^{-1} dan 18,89 cm^{-1} , ikatan Zr-O 0,94 cm^{-1} , dan ikatan O-H 8,34 cm^{-1} sehingga dapat disimpulkan secara kualitatif pembuatan

komposit PANI/ZrO₂ dengan ZrO₂ kalsinasi 800^oC berhasil karena mempunyai nilai serapan yang masih dalam rentang batas serapan referensi dengan PANI dan ZrO₂.

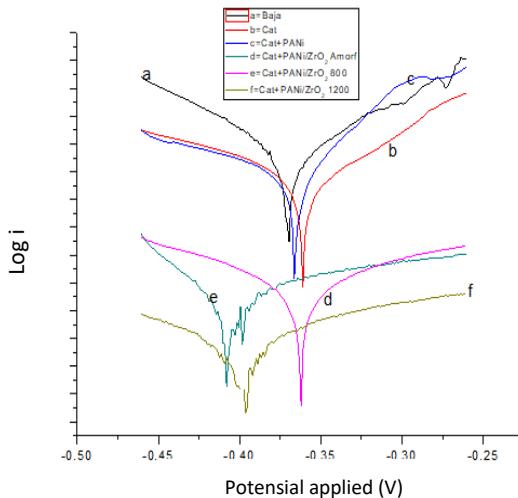
Tabel 4.4 Nilai serapan hasil karakterisasi Spektroskopi FTIR PANI, PANI/ZrO₂ 1200, ZrO₂ 1200.

Referensi (cm ⁻¹)	Ikatan gugus fungsi	PANI		PANI/ZrO ₂ 1200	ZrO ₂ 1200
1130-1000	C-N stretch of benziod ring	1086,57 1026,28		1036,41 1011,08	-
1335-1250	C-N stretch of Q-B-Q	1288,43		1270,71	-
1500-1400	C=C benzoid ring stretch	1455,55		1434,70	-
1760-1540	C=N stretch of quinoid ring	1652,02 1557,46		1651,72 1538,62	-
615-435	Zr-O	-		526,65	500,97
1400-650	Si-O-Si	-		893,93	884,07
4000-2500	O-H	3373,09 3224,27 2955,15 2917,15 2841,16		3211,61 2917,15 2841,16	-

Tabel 4.4 merupakan daftar antara nilai serapan referensi dengan nilai serapan hasil karakterisasi terjadi pergeseran nilai serapan seperti pada ikatan C-N *stretch of benziod ring* 50,16 cm⁻¹ dan 15,2cm⁻¹, ikatan C-N *stretch of Q-B-Q* 17,72 cm⁻¹, ikatan C=C *benzoid ring stretch* 20,8 cm⁻¹, ikatan C=N *stretch of quinoid ring*

0,3 cm^{-1} dan 18,84 cm^{-1} , ikatan Zr-O 25,68 cm^{-1} , ikatan Si-O-Si 9,86 cm^{-1} dan ikatan O-H 12,66 cm^{-1} sehingga dapat disimpulkan secara kualitatif pembuatan komposit PANI/ZrO₂ dengan ZrO₂ kalsinasi 1200°C berhasil karena mempunyai nilai serapan yang relatif sama dan masih diantara batas serapan referensi dengan PANI dan ZrO₂.

4.4 Analisis Data Polarisasi



Gambar 4.4 Grafik tafel BAJA CAT, CAT+PANI, CAT+PANI/ZrO₂ tanpa kalsinasi, CAT+PANI/ZrO₂ 800, CAT+PANI/ZrO₂ 1200

Tabel 4.5 Tabel nilai laju korosi sampel

No	sample	CR (mpy)
1	BAJA	24026 x10 ⁻⁸
2	CAT	55176 x10 ⁻⁸
3	CAT+PANI	9217,2 x10 ⁻⁸
4	CAT+PANI/a-ZrO ₂	38,825 x10 ⁻⁸
5	CAT+PANI/ZrO ₂ 800	203,96 x10 ⁻⁸
6	CAT+PANI/ZrO ₂ 1200	7,6819 x10 ⁻⁸

Berdasarkan hasil uji polarisasi maka dapat diketahui diagram tafel pada Gambar 4.4, kemudian pada Tabel 4.5 laju korosi tiap sampel. Sampel baja memiliki laju korosi paling tinggi yaitu $2,4026 \times 10^{-4}$ karena tanpa dicoating sehingga mudah sekali untuk terkorosi, Sampel Cat laju korosinya $5,5176 \times 10^{-4}$ dua kali lipat lebih rendah dengan sampel baja hal ini menunjukkan bahwa dengan pengecatan saja belum cukup untuk menurunkan laju korosi secara signifikan perlu adanya tambahan pengisi pada cat. Laju korosi sampel cat+PANI adalah $9,2172 \times 10^{-5}$ terjadi penurunan laju krosi disbanding sampel cat sebesar 20 kali polianilin dapat menurunkan laju korosi karena PANI membentuk film yang padat, kuat, berpori rendah yang mirip dengan penghalang lapisan dan PANI menyebabkan pembentukan lapisan pelindung oksida logam pada logam permukaan sehingga bisa disebut sebagai inhibisi atau penghalang (McAndrew, 1997), Sample cat +PANI/ZrO₂ 800 mempunyai laju korosi $2,0396 \times 10^{-6}$ sepuluh kali lipat penurunannya dibanding sampel cat+PANI hal ini karena penambahan filler pada PANI dalam sistem komposit PANI/ZrO₂, serbuk ZrO₂ yang dikalsinasi 800^oC berfasa metastabil tetragonal-zirkonia dengan ukuran 5,6 nm, PANI sebagai polimer konduktif menghantarkan elektron menuju zirkonia sehingga akan mengkorosi zirkonia lebih dahulu dari pada logam dengan ukuran nano zirkonia mengakibatkan zirkonia mempunyai batas butir lebih banyak sehingga mempunyai laju korosi sepuluh kali lebih tinggi dari pada sampel cat+PANI/a-ZrO₂ yang mempunyai laju korosi $3,8825 \times 10^{-7}$ hal ini karena zirkonia sebagai filler berfasa amorf, amorf zirkonia lebih tahan terhadap korosi karena tidak punya batas butir dan lebih ulet (Schroeder,1998), tetapi sampel yang mempunyai laju korosi paling rendah adalah CAT+PANI/ZrO₂ 1200 karena pada suhu 1200^oC serbuk zirkonia

mempunyai energi yang cukup untuk bertransformasi dari tetragonal-zirkonia menjadi monoklinik-zirkonia dengan waktu penahanan selama 6 jam mengakibatkan ukuran kristalnya 95nm untuk monoklinik, 87nm untuk tetragonal-zirkonia dan juga terdapat fasa zirkon 190nm, ukuran yang lebih besar dari kalsinasi 800°C mengakibatkan laju korosi lebih rendah karena batas butir lebih sedikit karena luas permukaan lebih kecil apalagi ada 3 fasa yang terbentuk, sehingga semakin kawat untuk menahan ion korosif langsung ke logam tetapi bereaksi lebih dahulu dengan zirkonia.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Telah didapatkan serbuk zirkonia dengan metode alkali fusion-kopresipitasi sebagai *filler* komposit PANI/ZrO₂
2. Proses kalsinasi serbuk zirkonia terbentuk fasa metastabil tetragonal-zirkonia pada suhu 800⁰C karena masih ada kandungan air anhidrat dan terbentuk monoklinik-zirkonia pada suhu 1200⁰C karena kehilangan air anhidrat.
3. Nilai laju korosi terendah baja SS 304 terlapisi komposit PANI/ZrO₂ dengan fasa ZrO₂ t-ZrO₂, m-ZrO₂, karena m-ZrO₂ lebih stabil.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan proses kalsinasi dengan suhu 1300-1500⁰C untuk mengetahui perubahan fasa
2. Memvariasikan basa untuk proses alkali fusion baik molaritas ataupun jenis basa
3. Memvariasikan fasa filler zirkonia pada komposit untuk diuji polarisasi
4. Melakukan variasi uji keadaan lingkungan korosif seperti statis, dinamis, salt spray chamber
5. Melakukan variasi larutan salinitas tinggi dan pemberian suhu tinggi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin.Leny, Triwikantoro, Zaenal A.,(2018).**Analisis Sifat Korosi komposit PANi/ZrSiO₄ sebagai pelapis Anti Korosi pada Larutan Salinitas Tinggi NaCl 3,5 M, ITS;** Surabaya.
- Ahmad, Zaki. 2006. **“Principle of Corrosion Engineering and Corrosion Control.”** Elsevier Science & Technology Books
- Aini, Nur. 2013. **Pengaruh Konsentrasi Air dalam Pelumas terhadap Sifat Korosi Baja Karbon ST 37.** Fisika FMIPA ITS: Surabaya.
- Aristia, Gabriela A. G. 2014. **Sifat Korosi Komposit PANi/SiO₂ Bervariasi Struktur pada Larutan Salinitas Tinggi.** Fisika FMIPA ITS: Surabaya.
- Andrew Fletcher, Mitchel M. R. 1992. **“Zirconia 3rd edition Elsevier advanced technology”**, Mayfield house, Oxford, UK.
- A. Mirmohseni, W.E. Price, G.G. Wallace,1997. **Synth. Met.** 84. 823–824.
- Conklin, J.A., Huang, S.C, Wen, T., Kaner, R.B.1995. **Thermal Properties of Polyaniline and Poly(aniline-co-o-ethylaniline).** *Macromolecules*, 28
- Dhawan, S.K., dkk. 2015. **Development of Hydrophobic and Anticorrosive Conducting Polymer Composite Coating for Corrosion Protection in Marine Environment.** American Journal of Polymer Science 2015, 5(1A): 7-17
- Flemings, M.C. and Chan, R.W. 2000. **“Organization and Trends in Mater”**. Acta Mater 48 Scie and Eng. Education in USA and Europe. Page. 371-383.

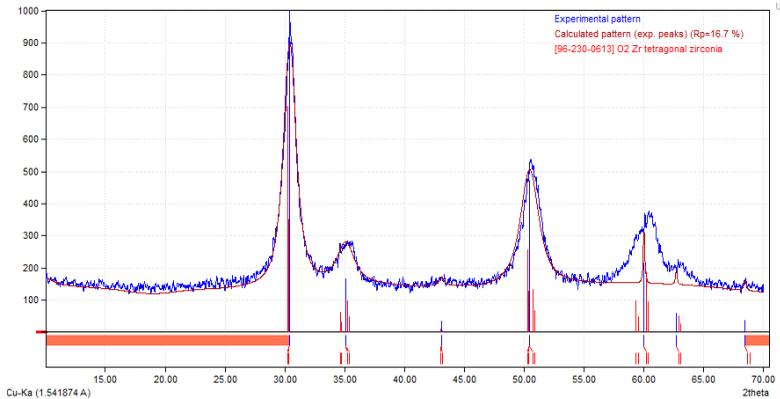
- Fontana, M.G. 2005. *Corrosion Engineering*. Mc Graw-Hill.
- Hijazi, Ahmad., dkk. 2012. **Pengaruh Konsentrasi CaCO_3 terhadap Sifat Korosi Baja ST.37 dengan Coating PANi(HCl)/ CaCO_3** . Jurnal Sains dan Seni POMITS Vol.1, No.1,(2012) 1-6.
- Kaiser, A., Lobert, M., Telle, R., 2008. “**Thermal stability of zircon (ZrSiO_4)**”. J. Eur. Ceram. Soc. 28, 2199–2211. 2007.12.040
- Mathew, M., Schroeder, L.W.”**Dickens, B. and Brown. WE.. The crystal structure of n-Ca, (PO,)**”. Acta Cn/st 1998, 833, 1325-1333
- Molapo, Kerileng M, Peter M, et.al. 2012. “**Electronic of Conjugate polymers (I): polyaniline**”. Int. J. Electrochem. Sci. 7. 11859-11875.
- Liu G, Freund, M.S. 1997. **New Approach for the Controlled Cross-Linking of Polyaniline : Synthesis and Characterization**. *Macromolecules*, 30, 5660-5665
- Ozawa, T.C and Kang, S.J. 2004. **Balls and Sticks: Easy-to-Use Structure Visualisasi and Animation Creating Program**. J Appl. Cryst. Vol. 37. Page. 679
- Permana, Andry. 2012. **Fabrikasi Polianilin- TiO_2 dan Aplikasinya sebagai Pelindung Anti Korosi pada Lingkungan Statis, Dinamis, dan Atmosferik**. Fisika FMIPA ITS: Surabaya.
- Sajima, Tunjung Indrati, & Mulyono. (2007). “**Pembuatan Larutan Umpan proses pengendapan $\text{Zr}(\text{OH})_4$ menggunakan metode re-ekstraksi**”. Prosiding, Seminar Nasional. Yogyakarta: BATAN
- Schumck, J. 1992. “**The Properties of Zirconium and Its Alloys for Chemichal Engineering Applications**”. UGINE, France. Cezus. Centre de Recherches.
- Smith, D. K and Newkirk, H.K. 1965. “**Crystal Structure of Baddeleyite (Monoclinic ZrO_2) and it's Relation to The Polymorphism of ZrO_2** ”. Acta Crystallography. Vol.18. Page.982.

- Sulistijono. 1999. **Diktat Korosi**. Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS: Surabaya.
- Trethewey K.R. & Chamberlain, J.1991. **Korosi Untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa**. PT Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- Triwikantoro dan Sukendar, S. 2007. “**Nanokristalisasi Material Amorf $Zr_{69,5}Cu_{12}Ni_{11}Al_{7,5}$ antara Temperatur Transisi Gelas (T_g) dan Temperatur Kristalisasi (T_x)**”. Jurnal Fisika dan Aplikasinya. Vol.3. No.1. Jurusan Fisika FMIPA ITS. Page.1-4
- T.P. McAndrew, S.A. Miller, A.G. Gilicinski and L.M. Robeson 1998. “**Corrosion control by organic coatings**”. J. Am. Chem. Soc.
- Yandi-sage /2009/07/html. 2009. “**Keramik Teknik**”. Diakses pada tanggal 11 Februari. Pada tanggal 11.00 WIB.

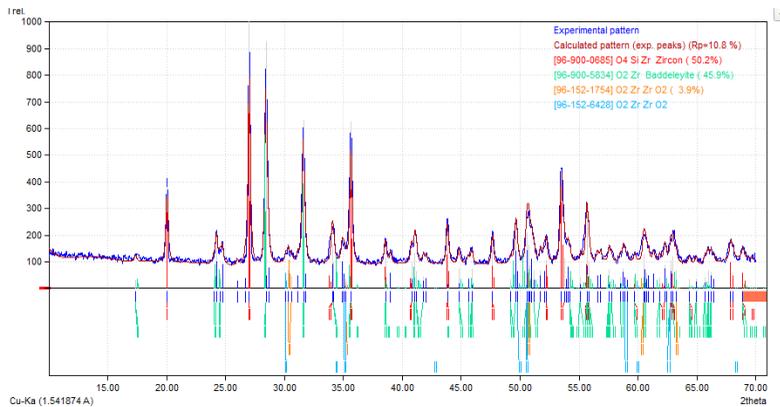
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A

Hasil Analisis *Software Match!* Pola Difraksi Sinar-X



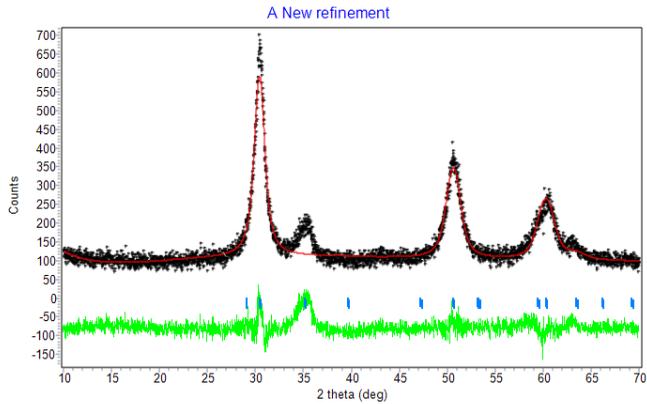
Gambar 1. Hasil analisis *match!* Tetragonal-zirkonia



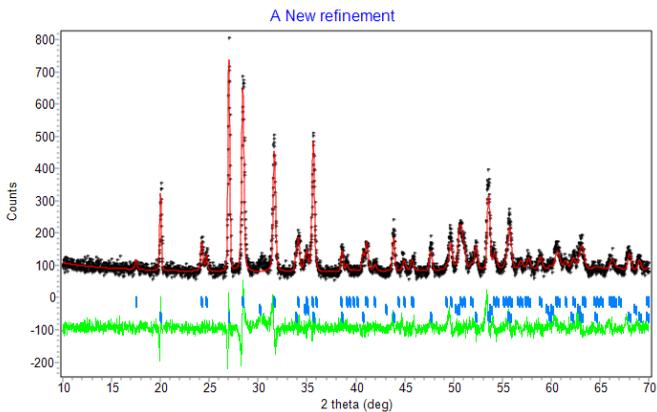
Gambar 2. Hasil analisis *match!* Tetragonal-zirkonia,
 monoklinik-zirkonia, zirkon

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN B
Hasil Analisis Pola Penghalusan Dengan *Software Rietica*



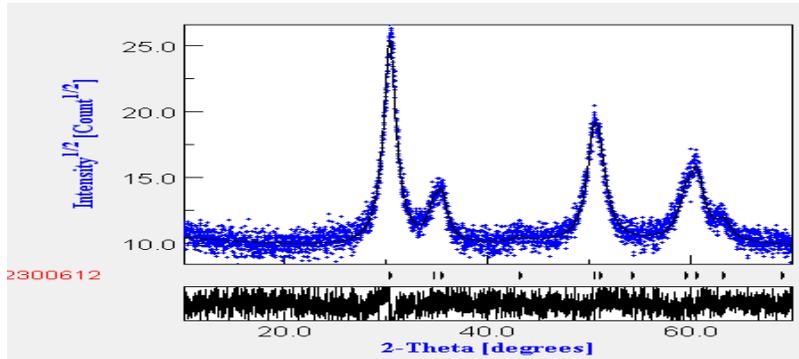
Gambar 1. Hasil analisis pola penghalusan tetragonal-zirkonia



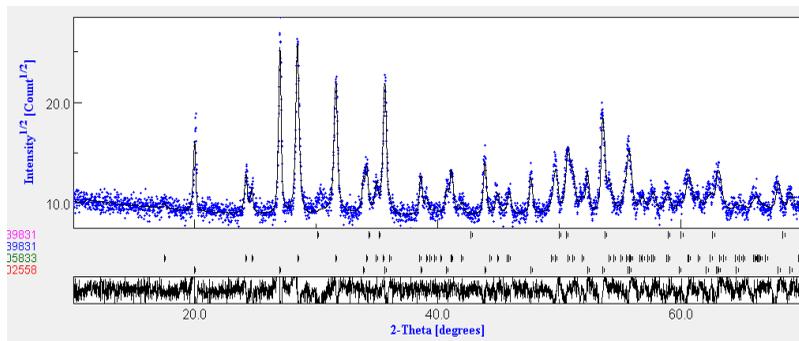
Gambar 2. Hasil analisis pola penghalusan tetragonal-zirkonia,
monoklinik-zirkon

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN C
Hasil Analisis *Software* MAUD Pola Difraksi Sinar-X



Gambar 1. Hasil analisis MAUD Tetragonal-zirkonia



Gambar 2. Hasil analisis MAUD Tetragonal-zirkonia,
monoklinik-zirkonia, zirkon

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN D
Hasil Output Penghalusan Dengan Software Rietica

A. Keluaran Penghalusan Sampel Tetragonal-zirkonia

Parameter		Global Parameter	Tetragonal- zirkonia
		Value	Value
FoM	Rp (%)	8,92	
	Rwp (%)	12,06	
	Rexp (%)	8,43	
	GoF (%)	2,046	
Phase Scale Factor			03,951E-6
Parameter Kisi	a		3,603795
	b		3,603795
	c		5,861129
Cell Volume			76,1204
Density			21,494
R-Bragg			1,32

B. Keluaran Penghalusan Sampel tetragonal-zirkonia, monoklinik-zirkonia, zirkon

Parameter		Global Parameter	Tetragonal- zirkonia	Monoklinik- zirkonia	Zirkon
		Value	Value	Value	Value
FoM	Rp (%)	10,52			
	Rwp (%)	13,4			
	Rexp (%)	9,32			
	GoF (%)	2,07			
Parameter Kisi	a		3,608	5,019167	6,587
	b		3,608	5,170201	6,857
	c		5,154	5,31162	5,9715
Cell Volume			67,104	137,125	259,151
% Weight			5,01	60,68	34,31
R-Bragg			6,,13	6,13	6,13

LAMPIRAN E

Hasil *Output* Penghalusan Dengan *Software* MAUD

A. Keluaran Penghalusan Sampel Tetragonal-zirkonia

Parameter		Global Parameter	Tetragonal- zirkonia
		Value	Value
FoM	Rp (%)	9,5	
	Rwp (%)	7,5	
	Rwpb (%)	8,8	
	Sig(%)	1,32	
Parameter Kisi	a		3,569
	b		3,569
	c		5,1638
Ukuran krsital			5,8 nm
mikrostain			6,3E-3

B. Keluaran Penghalusan Sampel tetragonal-zirkonia,
monoklinik-zirkonia, zirkon

Parameter		Global Parameter	Tetragonal- zirkonia	Monoklinik- zirkonia	Zirkon
		Value	Value	Value	Value
FoM	Rp (%)	14,2			
	Rwp (%)	10,1			
	Rwpb (%)	15,3			
	Sig (%)	2,32			
Parameter Kisi	a		3,60	5,10496	6,5823
	b		3,60	5,12187	6,85723
	c		5,211	5,3078	5,9687
Ukuran Kristal			87 nm	95,3 nm	190,6 nm
mikrostrain			0,0031	1,5E-4	7,62E-4

BIOGRAFI PENULIS



Dwi Wahyu Hadiyanto lahir di Banyuwangi, 02 Mei 1996 anak kedua dari dua bersaudara pasangan Subroto, S.Pd dan Rina Afida, S.Pd, kakak kandung Ns. Wahyu Danang Setiawan, S.Kep. Riwayat Pendidikan TK Dharma wanita Cantuk, Singojuruh, SDN 2 Cantuk, Singojuruh, SMPN 1 Rogojampi, SMAN 1 Rogojampi, Penulis diterima

di Departemen Fisika Fakultas Ilmu Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2014 melalui jalur SNMPTN, Penulis sangat tertarik bidang material pernah mendapat PKM terdananai DIKTI 2017, Sertifikasi *corrosion engineer* 2017-2020, Kerja praktek di PT. VALE INDONESIA, Tbk pada bagian *Maintenance and utilities*. Penulis menerima segala kritik dan saran mengenai penelitian yang penulis lakukan ini. Kritik dan saran melalui email: hardiyantodwiwahyu@gmail.com