



TUGAS AKHIR - SF 141501

**STUDI KUALITAS PELAPISAN PERMUKAAN SS 304
MENGUNAKAN MATERIAL KOMPOSIT
PANi/ZrSiO₄**

Nataza Putri Riadi

NRP 0111144000003

Dosen Pembimbing

Dr.rer.nat. Triwikantoro, M.Si

**Departemen Fisika
Fakultas Ilmu Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**



TUGAS AKHIR – SF 141501

**STUDI KUALITAS PELAPISAN PERMUKAAN SS 304
MENGUNAKAN MATERIAL KOMPOSIT PANi/ZrSiO₄**

**Natazsa Putri Riadi
NRP 0111144000003**

**Dosen Pembimbing :
Dr.rer.nat.Triwikantoro,M.Si**

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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT – SF 141501

**THE QUALITY STUDY OF STAINLESS STEEL 304
SURFACE COATINGS USING PANi/ZrSiO₄ COMPOSITE
MATERIALS**

**Natazsa Putri Riadi
NRP 0111144000003**

**Advisor :
Dr.rer.nat.Triwikantoro,M.Si**

**DEPARTMENT OF PHYSICS
FACULTY OF NATURAL SCIENCES
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**LEMBAR PENGESAHAN
STUDI KUALITAS PELAPISAN PERMUKAAN SS 304
MENGUNAKAN MATERIAL KOMPOSIT PANi/ZrSiO₄**

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

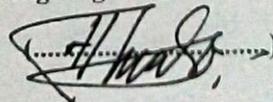
Oleh

NATAZSA PUTRI RIADI

01111440000003

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Dr.rer.nat.Triwikantoro, M.Si



NIP. 19660114 199002.1.001



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

STUDI KUALITAS PELAPISAN PERMUKAAN SS 304 MENGUNAKAN MATERIAL KOMPOSIT PANi/ZrSiO₄

Nama Mahasiswa : Natazsa Putri Riadi
NRP : 011114400003
Departemen : Fisika FIA-ITS
Dosen Pembimbing : Dr.rer.nat.Triwikantoro,M.Si

Abstrak

Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh metode pelapisan terhadap kualitas lapisan komposit PANi/ZrSiO₄ pada permukaan baja SS 304. Penelitian ini menggunakan bahan dasar pasir zirkon (Zirkonium Silikat) dari daerah Kereng Pangi, Kalimantan Tengah. Pemurnian pasir zirkon terbagi menjadi dua proses yaitu leaching dan hidrotermal. Pembuatan komposit PANi/ZrSiO₄ dimana PANi sebagai matriks dan ZrSiO₄ sebagai filler dilakukan dengan menggunakan metode polimerisasi in-situ. Kemudian komposit PANi/ZrSiO₄ dilapiskan pada specimen stainless steel 304 dengan dua metode yaitu metode *spraying* dan metode kuas. Perbandingan antara matriks dan filler yang digunakan pada komposit PANi/ZrSiO₄ adalah 80wt%: 20wt%. Hasil pengujian adhesivitas kedua metode tersebut menentukan bahwa kekuatan adhesi yang lebih tinggi adalah pelapisan dengan metode *spraying* dibandingkan dengan metode kuas. Kekuatan adhesivitas metode *spraying* yaitu 4,85 MPa sedangkan metode kuas 4,43 MPa. Morfologi pada permukaan baja yang telah dilapisi cat komposit PANi/ZrSiO₄ menunjukkan distribusi partikel komposit lebih merata pada baja yang dilapisi dengan metode *spraying*.

Kata Kunci : Adhesivitas, Komposit, PANi/ZrSiO₄

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

THE QUALITY STUDY OF STAINLESS STEEL 304 SURFACE COATINGS USING PANi/ZrSiO₄ COMPOSITE MATERIALS

Name : Natazsa Putri Riadi
NRP : 0111144000003
Department : Physics, Faculty of Natural Sciences,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Advisors : Dr.rer.nat. Triwikantoro, M.Si

Abstract

This final project research aims to determine the effect of coating method on the quality of PANi / ZrSiO₄ composite layer on the steel surface of SS 304. This study uses the basic material of zircon sand (Zirconium Silicate) Kereng Pangsi area, Central Kalimantan. Purification of zircon sand is divided into two processes, leaching and hydrothermal. Composites of PANi/ZrSiO₄ where PANi as a matrix and ZrSiO₄ as filler was synthesized by the in-situ polymerization method. Then the PANi/ZrSiO₄ composite was coated on a stainless steel 304 specimen with two methods: spraying method and brush method. The comparison between the matrix and filler used on the PANi / ZrSiO₄ composite is 80wt%: 20wt%. The results of the adhesive tests of both methods determine that the higher adhesion strength is coating by spraying method compared with the brush method. The adhesive strength of the spraying method is 4.85 MPa while the brush method is 4.43 MPa. Morphology of PANi/ZrSiO₄ composite coated on steel surfaces showed that distribution of composites particles is more evenly distributed on the coated steel by the spraying method.

Keywords: *Adhesiveness, Composites, PANi/ZrSiO₄*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat-Nya, petunjuk-Nya atas nikmat iman, islam, dan ikhsan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Studi Kualitas Pelapisan Anti Korosi Menggunakan Material Komposit PANi/ZrSiO₄ Pada Permukaan Baja *Stainless Steel* 304**” dengan optimal dan tepat waktu. Tugas Akhir (TA) ini penulis susun untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Departemen Fisika, Fakultas Ilmu Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Atas bantuan, dorongan, dan juga bimbingan dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan baik. Sehubungan dengan hal tersebut, maka penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Dr.rer.nat Triwikantoro, M.Si selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, wawasan, inspirasi, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
2. Bapak Dr. Mashuri, M.Si dan Drs. M. Zainul Asrori, M.Si selaku dosen penguji atas saran, kritikan, masukan serta arahan sehingga memperluas wawasan penulis.
3. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono selaku Ketua Departemen Fisika Fakultas Ilmu Alam yang telah memberikan kemudahan sarana kepada penulis selama kuliah hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
4. Seluruh Staff Pengajar di Departemen Fisika FIA ITS, atas segala pendidikan, ilmu pengetahuan dan motivasi yang telah diberikan.
5. Papa Slamet Riadi, dan mama Putri Nawang Pamungkasari yang telah memberikan dukungan materi serta moril, motivasi dan doa sepenuhnya kepada penulis untuk menjadi seseorang yang berguna bagi dirinya sendiri, keluarga, orang lain, agama, bangsa dan Negara.
6. Nenek Sampen dan kakek Kasmin yang telah merawat

penulis dari kecil hingga sekarang, terimakasih karena telah memberikan kasih sayang yang sangat besar, bimbingan, motivasi, dan doa yang selalu mengalir kepada penulis.

7. Rekan tim riset korosi (mbak leny, mbak naqib, mas akmal, mas anis, mas ryandika, mbk sari, dwi wahyu, fauzan, dan romdhoni) yang selalu memberikan dukungan dan bantuan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Sahabat penulis, Umay, Erlian, levy, Oktika, Puput, Agusta, La Reyza, Restu, Dody, Aditya, yang selalu memberikan dukungan, dan semangat kepada penulis selama kurang lebih 9 tahun berjalan.
9. Keluarga Fisika 2014 (ANTARES) yang menemani penulis selama menjalani studi di departemen Fisika FIA ITS.
10. Pihak-pihak yang terkait dalam pengujian material penelitian, Laboratorium Kimia ITS, Laboratorium Teknik Mesin ITS, Laboratorium Energi ITS, dan CV. Cipta Agung.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari akan adanya kekurangan dalam penulisan laporan ini karena keterbatasan wawasan dan pengetahuan. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak agar lebih baik di masa yang akan datang. Semoga laporan penelitian Tugas Akhir ini dapat berguna dan dimanfaatkan dengan baik sebagai referensi bagi yang membutuhkan serta menjadi sarana pengembangan kemampuan ilmiah bagi semua pihak yang bergerak dalam bidang Fisika Instrumentasi dan Elektronika. Aamiin Ya Rabbal Alamiin.

Surabaya, Juli 2018
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Komposit.....	5
2.2 Polianilin.....	6

2.3	Zirkon.....	7
2.4	Komposit PANi/ZrSiO ₄ sebagai material anti korosi.....	8
2.5	Teori Adhesi.....	9
BAB III METODOLOGI.....		13
3.1	Alat dan Bahan.....	13
3.1.1	Peralatan.....	13
3.1.2	Bahan.....	13
3.2	Prosedur Penelitian.....	13
3.2.1	Sintesis ZrSiO ₄	13
3.2.2	Sintesis Polianilin (PANi).....	15
3.2.3	Sintesis Komposit PANi/ZrSiO ₄	15
3.3	Coating PANi/ZrSiO ₄	16
3.4	Karakterisasi Material.....	16
3.4.1	X-Ray Fluorescence (XRF).....	17
3.4.2	Fourier Transform Infrared Ray (FTIR).....	17
3.4.3	Atomic Force Microscopy (AFM).....	17
3.4.4	Adhesion Tester.....	17
3.4.5	Scanning Electron Microscopy (SEM).....	17
3.5	Diagram Alir Penelitian.....	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		23

4.1	Hasil Uji XRF pada Pemurnian Zirkon.....	23
4.2	Analisis FTIR Polianilin, ZrSiO ₄ , dan Komposit PANi/ZrSiO ₄	25
4.3	Analisis permukaan awal dengan pengujian AFM.....	27
4.4	Analisis Adhesivitas lapisan coating PANi/ZrSiO ₄	32
4.5	Analisis Morfologi permukaan Lapisan Coating.....	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		41
5.1	Kesimpulan.....	41
5.2	Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....		43
LAMPIRAN.....		47
BIODATA PENULIS.....		57

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Reaksi Polimerisasi pada Polianilin (Reza dan Keivan, 2006)	6
Gambar 2. 2 Bentuk butiran zirkon (Pirkel dan Podmeyer, 1988) 8	
Gambar 3. 1 Diagram alir sintesis $ZrSiO_4$	18
Gambar 3. 2 Diagram alir sintesis Polianilin (PANi)	19
Gambar 3. 3 Diagram alir sintesis PANi/ $ZrSiO_4$	20
Gambar 3. 4 Diagram alir Coating komposit PANi/ $ZrSiO_4$	21
Gambar 4. 1 Spektra serapan FTIR material PANi sebagai matriks dan $ZrSiO_4$ sebagai filler.....	26
Gambar 4. 2 Morfologi permukaan sampel A dalam bentuk 2 dimensi	28
Gambar 4. 3 Topografi permukaan sampel A dalam bentuk 3 dimensi	29
Gambar 4. 4 Morfologi permukaan sampel B dalam bentuk 2 dimensi	30
Gambar 4. 5 Topografi permukaan sampel B dalam bentuk 3 dimensi	32
Gambar 4. 6 Morfologi permukaan perbatasan.....	35
Gambar 4. 7 Morfologi permukaan lapisan cat PANi/ $ZrSiO_4$	37
Gambar 4. 8 Morfologi permukaan lapisan cat PANi/ $ZrSiO_4$ setelah dikenai uji adhesi.....	39

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data hasil karakterisasi XRF pasir zirkon sebelum pemurnian.	23
Tabel 4. 2 Data hasil karakterisasi XRF pasir zirkon mikro setelah pemurnian.	24
Tabel 4. 3 Data spektra IR yang muncul pada material PANi sebagai matriks dan ZrSiO ₄ sebagai filler pada komposit PANi/ZrSiO ₄	26
Tabel 4. 4 Data hasil pengujian Adhesi pada coating komposit PANi/ZrSiO ₄ dengan menggunakan metode spray dan kuas	33

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Hasil Uji Atomic Force Microscope (AFM).....	47
Lampiran 2. Gambar Hasil Uji Pull of Adhesion test.....	53
Lampiran 3. Perhitungan Gaya Adhesi.....	54

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Korosi merupakan peristiwa penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Penurunan mutu logam tidak hanya melibatkan reaksi kimia namun juga reaksi elektrokimia, yakni, antara bahan-bahan bersangkutan terjadi perpindahan elektron. Karena elektron adalah sesuatu yang bermuatan negative, maka pengangkutannya menimbulkan arus listrik, sehingga reaksi tersebut dipengaruhi oleh potensial listrik (Trethewey, 1991). Daerah yang mengalami penurunan kualitas disebut anoda, sedangkan area yang tidak mengalami penurunan disebut katoda. Adanya dua elektroda yaitu elektroda anoda dan elektroda katoda, lingkungan korosif, serta adanya beda potensial antara dua elektroda tersebut, maka terjadilah reaksi elektrokimia. Elektron yang berada pada elektroda anoda mengalami penurunan, elektron tersebut menuju ke elektroda katoda melalui suatu rangkaian tertutup. Sehingga, anoda mengalami pengurangan elektron, dan pada katoda terjadi penambahan elektron.

Korosi merupakan peristiwa yang tidak dapat dihindari, namun dapat dikendalikan. Beberapa cara pengendaliannya antara lain pemilihan kualitas bahan yang akan digunakan, penggunaan material nonlogam dengan inhibitor katodik, pengondisian cuaca dan lingkungan agar tidak korosif, proteksi anodic, dan coating (Trethewey, 1991). Coating dapat memproteksi permukaan logam dari korosi dengan cara, membentuk suatu lapisan yang dapat memisahkan dan merintang/ mengisolasi antara permukaan logam dengan lingkungannya. Dengan coating tersebut, lingkungan tidak dapat secara langsung ber-reaksi dengan logam. Dalam hal pelapisan logam perlu diperhatikan preparasi permukaan sebelum dilakukan pengecatan, hal ini karena sebagian besar pengecatan mengalami kegagalan disebabkan oleh preparasi permukaan yang tidak benar. Secara konvensional untuk mengendalikan laju korosi selama ini adalah dengan melapisi

logam dengan cat. Pelapisan dengan menggunakan cat dinilai kurang maksimal, sehingga perlu penambahan suatu material yang dapat menekan laju korosi dari logam tersebut.

Indonesia mempunyai kekayaan alam yang sangat berlimpah yang dapat dikembangkan untuk menyelesaikan permasalahan korosi. Indonesia memiliki cadangan pasir zirkon yang banyak ditemukan di aliran-aliran sungai serta pantai di Kalimantan. Dengan adanya undang-undang mineral dan batubara tahun 2009 dan peraturan turunannya berupa peraturan menteri energy dan sumber daya mineral melalui kegiatan pengolahan dan pemurnian mineral dalam negeri, maka pasir zirkon yang termasuk dalam komoditas mineral dalam aturan tersebut, harus di olah terlebih dahulu sehingga mencapai batas minimum kemurniannya sebelum di ekspor keluar negeri (UU Minerba nomor 4 th 2007, Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral nomor 7 th 2012). Dalam hal ini, digunakan pasir alam zirkon dari Kalimantan Tengah sebagai material utama pelapis anti korosi. Zirkon Silikat mempunyai sifat ketahanan termal yang tinggi dan dapat digunakan sebagai material anti korosi.

Srikant, V.et.al (2016) melakukan penelitian pelepasan kompleksitas dari aktivasi mekanik melalui leaching zirkon, pasir zirkon yang digunakan adalah pasir zirkon pantai India. Dari penelitian tersebut menghasilkan aktivasi mekanik dapat membantu proses pencucian alkali dari zirkon, dan penggilingan dapat mengurangi ukuran partikel dari 195 μm menjadi 0,99 μm . Abdelkader,et.al (2007) berhasil mendapatkan 96% zirkon dekomposisi dengan menggunakan 20% campuran alkali, pada suhu 550°C dalam waktu 60 menit. Yang, Li, et.al (2017) berhasil meningkatkan sifat anti korosi dan ketahanan termal pada komposit C/C dengan menggunakan lapisan $\text{SiC/ZrSiO}_4\text{-SiO}_2$. Sun, et.al (2013) dan Liu,et.al (2012) berhasil mendapatkan bahwa lapisan SiC-S-ZrSiO_4 mempunyai sifat anti korosi paling baik. Leny, et.al (2018) menghasilkan material tahan korosi berupa komposit PANi/ ZrSiO_4 dengan variasi komposisi filler dan variasi basa NaOH dan KOH pada proses hidrotermal. Dari

penelitian tersebut didapatkan bahwa komposisi PANi/ZrSiO₄ terbaik adalah 80% wt : 20% wt dengan menggunakan basa NaOH.

Pada penelitian ini, ZrSiO₄ akan dipadukan dengan poli anilin sehingga menghasilkan komposit PANi/ZrSiO₄. Polianilin merupakan polimer konduktif yang dapat menghantarkan ion-ion korosif. Penggabungan dua material ini diharapkan menghasilkan sifat baru yang dapat tahan terhadap korosi. Nurkumala,et.al pada penelitiannya menjelaskan tentang metode coating dengan metode celup, dan spraying. Dan didapatkan bahwa metode spraying lebih efektif dibandingkan metode celup dalam pelapisan. Pada penelitian ini, komposit PANi/ZrSiO₄ dilapiskan pada stainless steel 304 dengan beberapa metode yaitu spraying berskala *industry kecil*, dan pengecatan dengan kuas.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dibahas sebelumnya, penulis melakukan beberapa analisa dengan permasalahan yang ditemukan sebagai berikut :

1. Bagaimana morfologi permukaan baja SS 304 sebelum dilapisi komposit PANi/ZrSiO₄?
2. Bagaimana morfologi lapisan komposit PANi/ZrSiO₄ pada permukaan baja SS 304 tanpa perlakuan *pull of test adhesion* dan sesudah *pull of adhesion test*?
3. Bagaimana pengaruh variasi metode pelapisan terhadap kualitas lapisan komposit PANi/ZrSiO₄?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini:

1. Mengetahui morfologi permukaan baja SS 304 sebelum dilapisi komposit PANi/ZrSiO₄
2. Mengetahui morfologi lapisan komposit PANi/ZrSiO₄ pada permukaan baja SS 304 tanpa perlakuan *pull of adhesion test* dan setelah pengujian *pull of adhesion test*
3. Mengetahui pengaruh variasi metode pelapisan terhadap kualitas lapisan komposit PANi/ZrSiO₄

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Material organik yang digunakan pada penelitian ini yaitu pasir zirkon dari Kereng Pangi, Kalimantan Tengah
2. Jenis Basa yang digunakan saat proses hidrotermal yaitu NaOH
3. Baja yang digunakan sebagai spesimen adalah Stainless steel 304
4. Metode pelapisan yang digunakan adalah spraying berskala industri kecil dan pengecatan dengan kuas menggunakan PANi/ZrSiO₄
5. Pengujian kualitas lapisan komposit PANi/ZrSiO₄ pada lapisan baja SS 304 menggunakan *pull of adhesion test*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk peneliti, pembaca, laboratorium, industri dalam memberi wawasan bahwa bahan-bahan alam seperti pasir zirkon bisa dijadikan sebagai produk anti korosi yang bisa mengatasi permasalahan korosi pada material-material logam serta dapat mengetahui metode pelapisan komposit PANi/ZrSiO₄ yang baik digunakan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini terdiri dari abstrak yang berisi gambaran umum dari penelitian Tugas Akhir. Bab I pendahuluan yang berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan. Bab II tinjauan pustaka berisi tentang dasar-dasar teori yang digunakan sebagai acuan dari penelitian. Bab III metodologi penelitian yang berisi prosedur kerja yang digunakan dalam penelitian. Bab IV memuat hasil penelitian dan pembahasan yang didapatkan dari penelitian. Bab V tentang kesimpulan dari hasil yang didapatkan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabungkan menjadi satu secara makroskopis. Bahan komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur yaitu serat (fiber) sebagai bahan pengisi dan bahan pengikatnya disebut matrik. Didalam komposit unsur utama adalah serat, sedangkan bahan pengikatnya menggunakan bahan polimer yang mudah dibentuk dan mempunyai daya ikat tinggi. Penggunaan serat untuk menentukan karakteristik bahan komposit seperti : kekakuan, kekuatan serta sifat-sifat mekanis lainnya. Sebagai bahan pengisi, serat digunakan untuk menahan sebagian besar gaya yang bekerja pada bahan komposit, matrik sendiri mempunyai fungsi melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik terhadap gaya-gaya yang terjadi(Schwartz,1984).

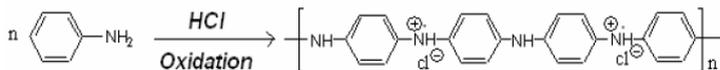
Komposit partikel adalah komposit yang terdiri dari partikel dan matrik berupa butiran. Komposit partikel mempunyai bahan penguat yang dimensinya kurang lebih sama, seperti bulat serpih, balok serta bentuk-bentuk lainnya yang memiliki sumbu yang hamper sama, yang kerap disebut partakel, dan bisa terbuat dari satu atau lebih material yang digabungkan dalam suatu matriks dengan material yang berbeda. Partikelnya bisa berupa logam maupun nonlogam, sepertihalnya matrik. Matriks (resin) dalam susunan komposit bertugas melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik. Matriks harus bisa meneruskan beban dari luar ke serat. Umumnya matriks terbuat dari bahan-bahan yang lunak dan liat. Polymer (plastic) merupakan bahan umum yang biasa digunakan. Matriks juga umumnya dipilih dari kemampuannya menahan panas . Polyester, vinilester dan epoksi adalah bahan-bahan yang sejak lama digunakan sebagai matriks(Surdia dan Saito, 2000). Filler (pengisi) adalah bahan yang ditambahkan pada bahan polimer agar meningkatkan sifat-sifatnya dan pemrosesan untuk mengurangi ongkos produksi.

Filler dalam komposit digunakan sebagai penguat matrik resin polimer. Mekanisme filler dalam meningkatkan kekuatan adalah dengan membatasi pergerakan rantai polimer. Beberapa jenis filler ditambahkan dengan alasan meningkatkan stabilitas dimensi, anti oksidan, penyerap UV dan pewarna (Surdia dan Saito, 2000).

2.2 Polianilin (PANi)

Polianilin merupakan material polimer konduktif yang sangat unik yaitu dapat merubah sifat listrik dan optik yang dapat dibalik melalui reaksi redoks dan dopping. Polianilin lebih mudah disintesis baik dengan metode kimiawi maupun elektrokimia dibandingkan dengan polimer konduktif lainnya. Polianilin memiliki stabilitas termal dengan lingkungan yang baik, dan konduktivitasnya cukup tinggi (Nasution, et al., 2012).

Polianilin merupakan salah satu material menjanjikan karena memiliki sifat intrinsik konduktivitas listrik oleh dopping dengan dopan organik. Sifat listrik dapat dikendalikan secara reversible, dengan menggunakan perubahan transfer dopan atau dengan protonasi (Ashokan, et al., 2015).



Gambar 2. 1 Reaksi Polimerisasi pada Polianilin (Reza dan Keivan, 2006)

Polianilin merupakan molekul besar yang tersusun dari pengulangan kesatuan kimia kecil dan sederhana yang disebut dengan monomer anilin ($C_6H_5NH_2$) yang berikatan secara kovalen. Penggabungan dari monomer-monomer anilin tersebut akan membentuk suatu cincin Benzoid (B) dan kuinoid (Q) yang dihubungkan satu dengan yang lain oleh atom nitrogen (N) melalui ikatan amin (terhibridisasi sp^3) dan ikatan imin (terhibridisasi sp^2). Terdapat dua pendekatan untuk sintesis campuran termoset PANi yaitu metode pencampuran PANi dan

material lainnya sebagai polimer matriks, dan metode polimerisasi in-situ polimer aniline dalam polimer matriks. Kehomogenan sifat disperse pada matrik polimer merupakan syarat utama mendapatkan material dengan konduktivitas yang tinggi dan ambang perlokasi yang rendah (Perrin dan Queiny, 2017).

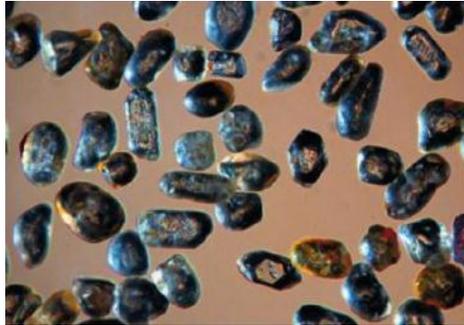
2.3 Zirkon

Indonesia memiliki banyak cadangan pasir zirkon banyak ditemukan di aliran sungai di Kalimantan. Dengan adanya undang-undang mineral dan batubara nomor 4 tahun 2009 dan peraturan turunannya berupa peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral melalui kegiatan pengolahan dan pemurnian mineral di dalam negeri, maka pasir zirkon tersebut yang merupakan komoditas mineral dalam aturan tersebut, harus diolah terlebih dahulu hingga mencapai batas minimum kemurniannya sebelum di ekspor ke luar negeri (Undang-undang Minerba nomor 4 tahun 2009, Peraturan menteri Energi dan Sumber Daya Mineral nomor 7 tahun 2012).

Zirkon ($ZrSiO_4$) dengan struktur tetragonal pada umumnya memiliki ukuran satuan unit $a=0,667$ nm, $b=0,667$ nm, $c= 0,5982$ nm ini memiliki grup ruang $I_{4/amd}$ dengan nomor atom $Z=4$ (Srikanth,et.al., 2015). Zirkon merupakan salah satu material yang sangat tua dan rentan terhadap pelapukan baik secara kimiawi dan mekanik. Ketersediaan material zirkon yang bercampur dengan oksida memiliki ketertarikan pada sifat fisika-kimia, seperti stabilitas thermal dan kimia yang tinggi, kekuatan mekanik dan lapisan yang bersifat asam merupakan keunggulan yang dimiliki oleh struktur yang berbahan dasar zirkonium (Zr) dan silika (Si) ini (Skoda,et.al., 2015). Pasir zirkon murni mempunyai massa jenis yaitu $4,63$ g/cm³ dengan warna bervariasi mulai dari kekuningan, kecoklatan, tidak berwarna, merah muda, kemerahan, dan kadang-kadang berwarna hijau, biru atau hitam (Elsner, 2013).

Zirkon yang diharapkan, adalah zirkon yang memiliki

kandungan dengan fase murni, maka diberikan perlakuan panas dengan cara disinter dengan temperatur tinggi, dan dilakukan *holding time*, agar membatasi terbentuknya matrik zirkon (Tu,et.al., 2015).



Gambar 2. 2 Bentuk butiran zirkon (Pirkel dan Podmeyer, 1988)

Pada temperatur rendah, $ZrSiO_4$, disebut sebagai zirkon, memiliki kisi Bravais *Body-centered* tetragonal dengan 12 atom pada setiap unit sel (Gambar 2.3). Grup ruang struktur kristal ini, yaitu $I41/amd$ dan satu unit sel terdiri atas empat grup SiO_4^{4-} dan empat grup ZrO_8^{12-} . Pada masing-masing empat grup memiliki kesamaan geometri dan orientasi yang berbeda. Pada grup SiO_4^{4-} terdistorsi tetrahedral memanjang sepanjang dua kali lipat sumbu y paralel terhadap sumbu c -kristalografi dan simetri D_{2d} (Terki,et.al.,2005).

2.4 Komposit PANi/ $ZrSiO_4$ sebagai material anti korosi

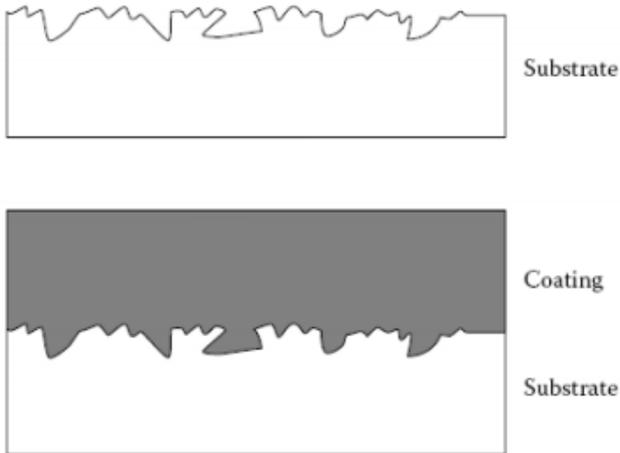
Korosi merupakan penurunan mutu suatu material akibat reaksi dengan lingkungan sekitar. Penurunan mutu logam tidak hanya melibatkan reaksi kimia namun juga reaksi elektrokimia, yakni, antara bahan-bahan bersangkutan terjadi perpindahan elektron (Trethewey,1991). Peristiwa korosi tidak dapat dihindari, namun dapat dilakukan pencegahan sehingga menekan laju korosi. Pengendalian korosi dapat dilakukan dengan cara

pemilihan desain dan material yang sesuai, penggunaan inhibitor, pelapisan (coating), proteksi katodik dan proteksi anodic (Sulistijono,1999). Selama ini pengendalian korosi yang paling banyak digunakan adalah pelapisan (coating). Penelitian sebelumnya dilakukan proses pelapisan C/C dengan komposit SiC/ZrSiO₄ (Yang Li,et,al,. 2017). Jia Liu, et al juga melakukan penelitian tentang lapisan pelindung oksida ZrSiO₄ yang dilapiskan pada komposit C/C (Jia Liu,et.al, 2012). Leny juga melakukan penelitian menganalisis sifat korosi komposit PANi/ZrSiO₄ sebagai pelapis anti korosi pada larutan salinitas tinggi NaCl 3,5 M. dari penelitian tersebut didapatkan fasa yang terbentuk pada material zirkon yaitu ZrSiO₄ dengan struktur tetragonal dan morfologi partikel ZrSiO₄ cenderung beraglomerasi. Nilai laju korosi terkecil diperoleh PANi/ZrSiO₄ dengan perbandingan komposisi PANi : ZrSiO₄ yaitu 80wt% : 20wt% (Leny, 2018).

2.5 Teori Adhesi

Adhesi merupakan kecenderungan permukaan bahan yang berbeda material untuk melekat bersama. Kohesi merupakan daya tarik molekuler dimana partikel-partikel material yang sama disatukan di seluruh massa. Ketika kedua bahan yang berbeda disatukan akan terjadi ikatan antar muka atau interface. Interface sendiri adalah suatu perbatasan permukaan antara dua bahan yang bersentuhan, umumnya dua dimensi. Adapula, interphase merupakan volume disekitar ikatan antar muka yang memiliki sifat unik dari material yang digabungkan. Adhesi juga dijelaskan sebagai peristiwa yang terjadi pada lapisan antarmuka yang berhubungan dengan efek fisik dan reaksi kimia. Dalam hal ini, adhesi adalah interaksi antara coating dengan substrat logam. Teori yang berkaitan dengan adhesi antara lain yaitu ikatan mekanik, gaya elektrostasik, dan ikatan kimia. Ketika permukaan suatu substrat terdapat pori, celah, dan lubang kecil, lapisan cat akan mengisi dan menjadi padat, pada saat itulah terjadi ikatan mekanik. Jadi, lapisan cat akan memiliki ikatan seperti jangkar. Untuk melepaskan lapisan cat akan lebih sulit jika permukaan

substrat memiliki kekasaran tertentu. Berikut ini adalah gambaran ikatan mekanik antara coating dengan susurat logam:



Gambar 2.3 skema ikatan mekanik antara coating dengan substrat(Schweitzer.2006)

Kemampuan lapisan coating memasuki suatu substrat dan kekuatan perekatan akan berkurang ketika porositas substrat tidak cukup dalam. Ketika lapisan tidak dapat membasahi permukaan substrat secara sempurna(terjadi karena termodinamika energi permukaan yang tidak sama antara lapisan dengan substrat) maka akan terjadi suatu ikatan yang lemah. Hal tersebut, disebabkan oleh berkurangnya daerah kontak atau karena tekanan konsentrasi dengan adanya rongga. Hal tersebut dapat diatasi dengan cara preparasi permukaan substrat yang baik(Packham, 2003). Gaya elektrostatis dapat terjadi pada interface antara coating dengan substrat. Karena adanya perbedaan electrical charge antara coating dengan substrat membentuk adhesi coating pada substrat.sedangkan ikatan kimia dapat terjadi pada interface, sering kali terdapat pada termoset coating. Ikatan tersebut merupakan ikatan yang sangat kuat dan tahan lama. Untuk terjadinya ikatan kimia perlu suatu reactive chemical group,

seperti silane, yang dapat menciptakan ikatan yang kuat antara coating dengan substrat(Schweitzer.2006).

“Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut : magnet batang digunakan sebagai separator magnet, *Planetary ball milling* untuk mereduksi ukuran partikel zirkon, *Hotplate stirrer ceramic* untuk membantu proses pengadukan, Neraca Ohaus Corp Pine Brook, NJ USA digunakan untuk pengukuran massa suatu bahan, pH meter untuk pengukuran pH larutan, Adhesion-tester untuk mengukur daya rekat material, kuas, spraying bengkel, *X-Ray Fluorescence (XRF)* untuk mengetahui kandungan unsur suatu material, untuk mengidentifikasi fasa yang terbentuk, *Fourier Transform infrared Ray (FTIR)* untuk mengidentifikasi gugus fungsi dari suatu material, *Adhesion-test*, *Atomic Force Microscopy (AFM)* untuk mengetahui morfologi dan topografi material sebelum dilakukan coating, serta SEM untuk mengetahui morfologi permukaan setelah dilakukan coating dan setelah pull of adhesion-test.

3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan untuk sintesis material pada penelitian ini adalah sebagai berikut : Pasir Zirkon yang diambil dari Kereng Pangi, Kalimantan Tengah, HCl 37% yang digunakan pada proses *leaching*, *Dodecyl Benzene Sulfonic Acid (DBSA)*, Anilin, dan *Amonium Peroxydisulfat (APS)* yang digunakan untuk sintesis polianilin (PANi), Natrium Hidroksida (NaOH) digunakan pada proses hidrotermal, Cat Agatha paint, stainless steel 304 sebagai specimen coating.

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Sintesis ZrSiO₄

3.2.1.1 Preparasi Pasir Alam

Pasir Zirkon dari Kereng Pangi, Kalimantan Tengah yang akan disintesis, sebelumnya dikarakterisasi menggunakan XRF.

Langkah ini bertujuan untuk mengetahui kandungan unsur-unsur yang ada pada pasir zirkon, sehingga nantinya didapat data awal untuk perbandingan hasil sintesis. Pasir zirkon kemudian dicuci dengan aquades untuk menghilangkan pengotor dan kandungan garam yang masih terdapat pada pasir zirkon sehingga pasir tersebut tidak terkontaminasi dengan unsur-unsur yang tidak diinginkan. Kemudian, pasir zirkon dikeringkan yang bertujuan untuk mengurangi kandungan airnya. Selanjutnya dilakukan proses separasi magnet, bertujuan untuk memisahkan unsur Fe yang terdapat pada pasir zirkon.

3.2.1.2 Proses Penggilingan (*Milling*)

Proses *Ball milling* dilakukan untuk mereduksi ukuran partikel pasir zirkon. 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, dimana butiran pasir tadi akan pecah menjadi ukuran yang lebih kecil.

3.2.1.3 Proses Leaching

Selanjutnya pasir zirkon hasil *milling* direndam dengan HCL 2M, perbandingan volume pasir zirkon hasil *milling* dan HCL 2M adalah 1:30. Proses ini bertujuan untuk mengurangi impuritas yang masih terdapat pada pasir zirkon serta membersihkan kandungan unsur lain selain zirkon sehingga dapat menghasilkan zirkon dengan tingkat kemurnian yang lebih tinggi.

3.2.1.4 Proses Hidrotermal Zirkon

Proses hidrotermal bertujuan untuk memisahkan SiO_2 dari zirkon yang sudah di sintesis. Proses ini dilakukan dengan menggunakan basa Natrium hidroksida (NaOH) pada suhu 250°C hingga sampel mengerak. Kemudian sampel diberi aquades dan di *stirrer* selama 1 jam tanpa menggunakan perlakuan suhu. Material hasil sintesis kemudian di endapkan selama 24 jam dan dicuci hingga pH 7.

3.2.2 Sintesis Polianilin (PANi)

Sintesis polianilin (PANi) dilakukan dengan menggunakan metode polimerisasi in-situ. Sintesis polianilin (PANi) terbagi menjadi dua bagian yaitu sintesis larutan A dan sintesis larutan B. Sintesis A dilakukan dengan cara mencampurkan *Amonium Peroxy disulfat* (APS) dan aquades. Kemudian larutan tersebut diaduk dengan menggunakan magnetic stirrer selama ± 30 menit dengan menggunakan kecepatan 6 rpm. Hasil dari sintesis larutan A akan berwarna bening. Sintesis larutan B dilakukan dengan cara mencampurkan anilin, *Dodecyl Benzene sulfonic acid* (DBSA), dan aquades. Pencampuran larutan tersebut dilakukan pada temperature $< 5^\circ\text{C}$ dan di magnetic stirrer dengan menggunakan kecepatan 6 rpm.

Larutan A kemudian di titrasikan pada larutan B dan diaduk dengan magnetic stirrer selama ± 8 jam. Hasil sintesis polianilin (PANi) akan diawali dengan larutan berwarna hijau kekuningan dan selama proses polimerisasi akan menghasilkan warna hijau pekat.

3.2.3 Sintesis Komposit PANi/ZrSiO₄

Sintesis komposit PANi/ZrSiO₄ sama halnya dengan sintesis polianilin (PANi). Sintesis komposit PANi/ZrSiO₄ dilakukan dengan menggunakan metode polimerisasi in-situ. Sintesis PANi/ZrSiO₄ terdiri dari dua bagian yaitu sintesis larutan A dan sintesis larutan B. Sintesis A dilakukan dengan cara mencampurkan *Amonium Peroxy disulfat* (APS) dan aquades.

Kemudian larutan tersebut diaduk dengan menggunakan magnetic stirrer selama ± 30 menit dengan menggunakan kecepatan 6 rpm. Hasil dari sintesis larutan A akan berwarna bening. Sintesis larutan B dilakukan dengan cara mencampurkan anilin, *Dodecyl Benzene sulfonic acid* (DBSA), dan aquades. Pencampuran larutan tersebut dilakukan pada temperature $< 5^{\circ}\text{C}$ dan di magnetic stirrer dengan menggunakan kecepatan 6 rpm.

Penambahan ZrSiO_4 pada proses sintesis komposit PANi/ ZrSiO_4 dilakukan ketika sintesis larutan B. Larutan A kemudian dititrasi pada larutan B dan diaduk dengan menggunakan magnetic stirrer selama ± 8 jam. Hasil sintesis dari sintesis komposit PANi/ ZrSiO_4 yaitu diawali dengan larutan berwarna hijau kekuningan dan selama proses polimerisasi akan menghasilkan warna hijau pekat. Komposisi antara PANi dan ZrSiO_4 yang digunakan untuk membuat PANi/ ZrSiO_4 adalah 80wt% : 20wt%.

3.3 Coating PANi/ ZrSiO_4

Komposit PANi/ ZrSiO_4 digabungkan dengan cat dan thinner dengan komposisi antara PANi/ ZrSiO_4 : cat : thinner yaitu 0,5 gram : 15 ml : 5 ml. Proses pencampuran ini dibantu dengan menggunakan alat ultrasonic cleaner. Hasil dari penggabungan tersebut di coating pada SS 304 dengan menggunakan 2 metode yang berbeda yaitu spraying berskala industri kecil dan pengecatan menggunakan kuas. Cat yang digunakan pada penelitian ini yaitu Agatha paint *anti corrosion primer* dan dimensi *stainless steel* 304 yang digunakan yaitu 5 cm x 5 cm x 2mm.

3.4 Karakterisasi Material

3.4.1 X-Ray Fluorescence (XRF)

Uji XRF bertujuan untuk mengetahui komposisi elemen yang terkandung dalam pasir zirkon sebagai bahan dasar dalam penelitian ini. Pengujian dilakukan untuk membandingkan tingkat kemurnian zirkon bahan sebelum dan sesudah dilakukan sintesis.

Perangkat yang digunakan untuk melakukan X-Ray Fluorescence (XRF) yaitu Philips MiniPal PW4025 di Laboratorium Fisika Universitas Negeri Malang.

3.4.2 Fourier Transform Infrared Ray (FTIR)

Uji FTIR bertujuan untuk menganalisa dan mengetahui gugus fungsi yang dapat ditentukan dari spectra vibrasi yang dihasilkan oleh suatu material pada panjang gelombang tertentu. Pada penelitian ini karakterisasi FTIR dilakukan pada polimer polianilin (PANi), $ZrSiO_4$, dan komposit PANi/ $ZrSiO_4$. Karakterisasi spektroskopi FTIR dilakukan di Laboratorium Instrumen Kimia ITS Surabaya.

3.4.3 Atomic Force Microscopy (AFM)

Karakterisasi *Atomic Force Microscopy* (AFM) dilakukan untuk mengetahui morfologi dan topografi dari material yang diuji. Karakterisasi *Atomic Force Microscopy* (AFM) dilakukan pada permukaan logam setelah dilapisi epoxy untuk melihat morfologi awal sebelum dilapisi coating dengan komposit PANi/ $ZrSiO_4$. Dengan menggunakan *Atomic Force Microscopy* (AFM) akan diketahui morfologi material dua dimensi dan topografi material dalam bentuk tiga dimensi.

3.4.4 Adhesion-tester

Uji adhesivitas digunakan untuk mengukur tingkat kelekatan lapisan komposit PANi/ $ZrSiO_4$ pada stainless steel. Pada penelitian ini metode untuk mengetahui tingkat kelekatan lapisan digunakan metode pull of adhesion test dengan standart ASTM D-4541. Pengujian dilakukan di CV. Cipta Agung, Rungkut Industri, Surabaya.

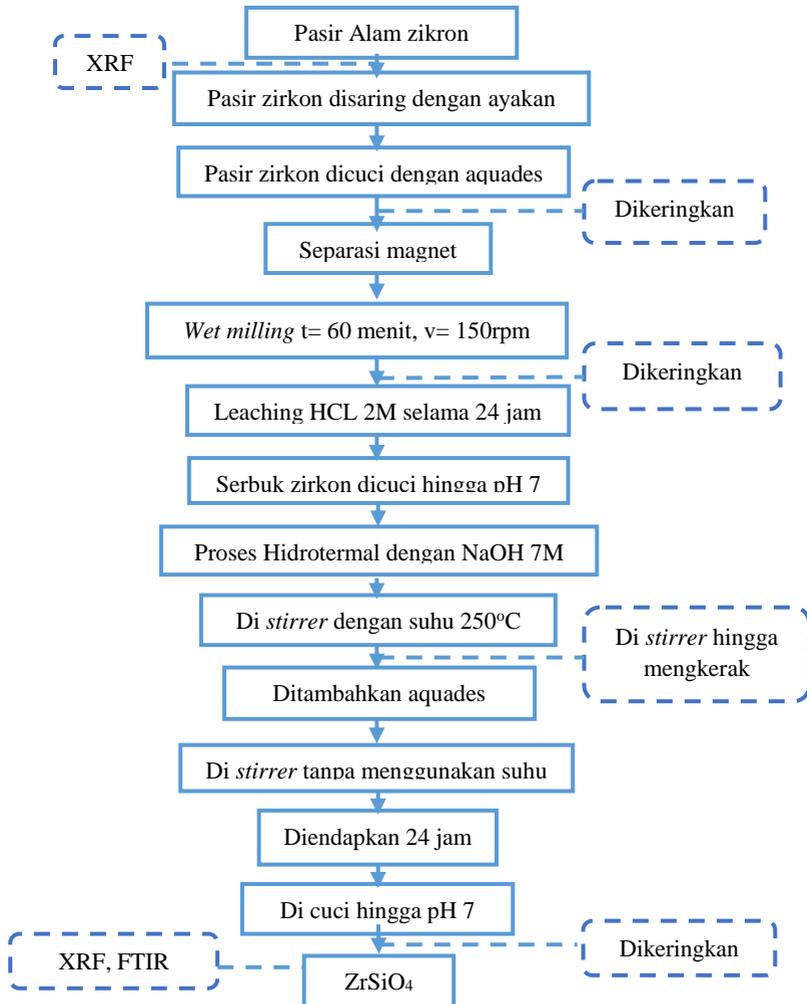
3.4.5 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Karakterisasi Scanning Electron Microscopy bertujuan untuk mengetahui morfologi dari material uji. Karakterisasi Scanning Electron Microscopy dilakukan pada material logam setelah dilakukan *pull-of test adhesion*. Pengujian dilakukan di

Laboratorium Teknik Material dan Metalurgi ITS.

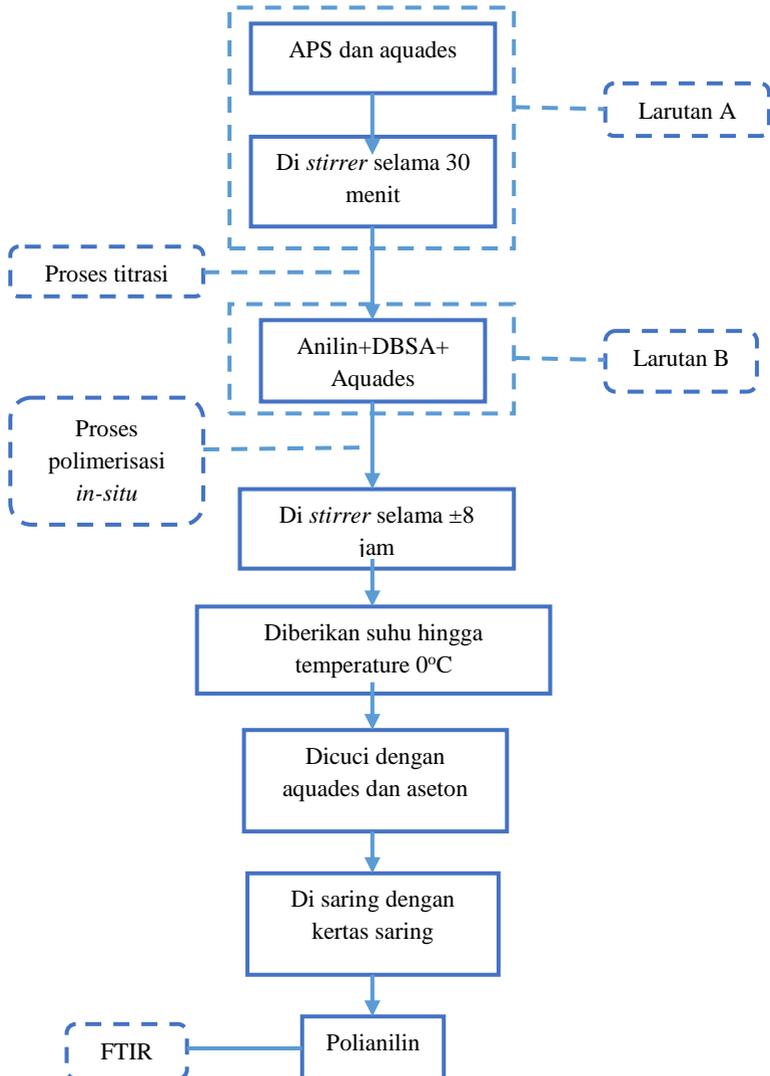
3.5 Diagram Alir Penelitian

3.5.1 Sintesis $ZrSiO_4$



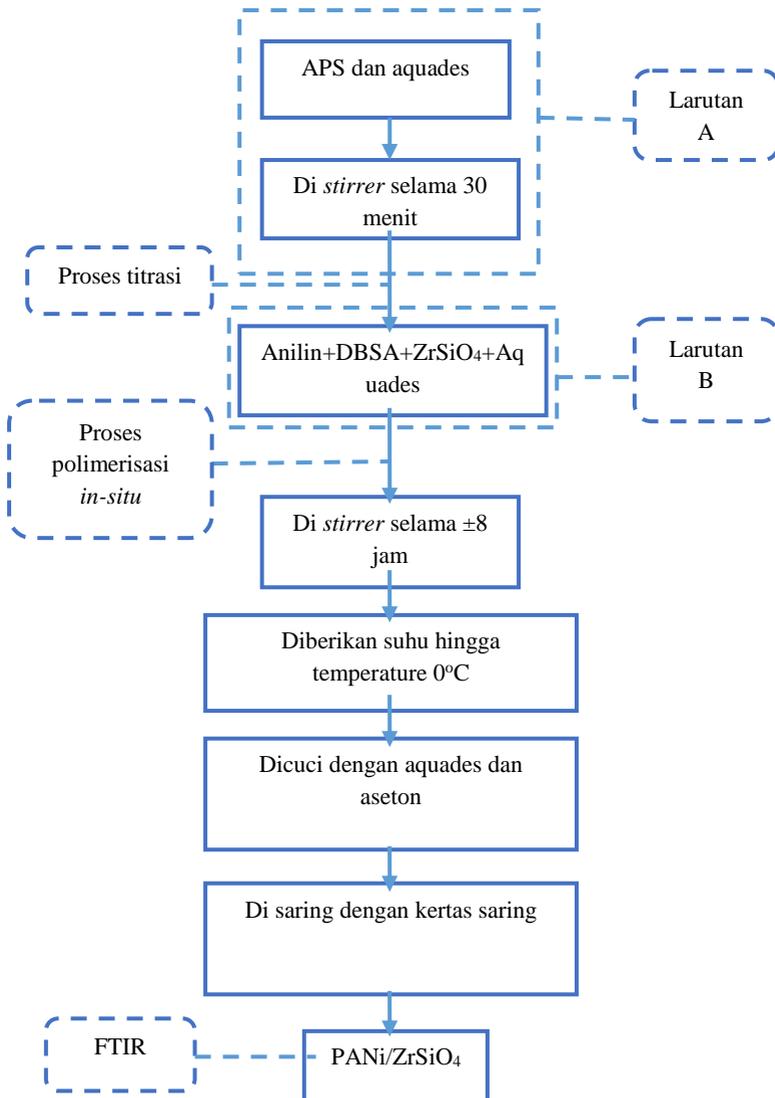
Gambar 3. 1 Diagram alir sintesis $ZrSiO_4$

3.5.2 Sintesis Polianilin (PANi)



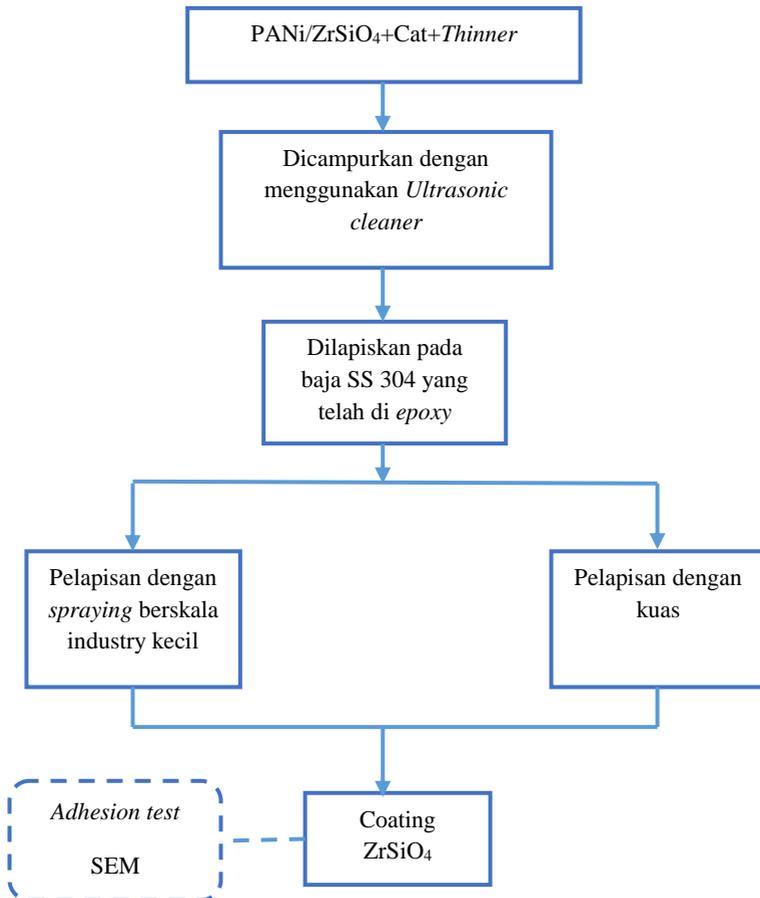
Gambar 3. 2 Diagram alir sintesis Polianilin (PANi)

3.5.3 Sintesis Komposit PANi/ZrSiO₄



Gambar 3. 3 Diagram alir sintesis PANi/ZrSiO₄

3.5.4 Coating Komposit PANi/ZrSiO₄



Gambar 3. 4 Diagram alir Coating komposit PANi/ZrSiO₄

“Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji XRF pada Pemurnian Pasir Zirkon

Penelitian yang telah dilakukan menggunakan bahan dasar dari material alam, yaitu pasir alam zirkon yang didapatkan dari Pantai Kereng Pangi, Kalimantan tengah. Pasir alam ini diketahui memiliki kandungan zirkon yang sangat tinggi. Untuk mengetahui presentase komposisi unsur yang terkandung dari pasir alam zirkon ini, maka dilakukan pengujian dengan menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF). Pengujian XRF dihasilkan data berupa persentase kandungan zirkon awal yang ada pada pasir alam kereng Pangi sebelum dilakukan proses pemurnian. Kemudian, proses pemurnian pasir alam zirkon ini dilakukan agar didapatkan pasir zirkon dengan kandungan zirkon murni yang tinggi dan dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam sintesis pada penelitian ini. Data hasil karakterisasi dengan pengujian XRF pasir alam silika sebelum pemurnian dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Data hasil karakterisasi XRF pasir zirkon sebelum pemurnian.

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 Zr dari pasir alam zirkon sebelum pemurnian adalah sebesar 92 %. Agar diperoleh kandungan Zr dengan presentase yang tinggi, perlu dilakukan beberapa proses pemurnian pasir zirkon tersebut.

Proses pemurnian yang pertama yaitu preparasi pasir alam dengan melakukan penyaringan, pencucian. Penyaringan dan pencucian bertujuan untuk mengurangi pengotor berupa kerikil, batu, karang, dan mengurangi kandungan garam yang tinggi pada pasir zirkon. Kemudian pasir di separasi magnetik yang bertujuan untuk menurunkan unsur Fe serta unsur logam pengotor seperti Ti, Ni, dan Cr dari pasir alam zirkon tersebut. selanjutnya dilakukan proses *milling* yang bertujuan untuk mereduksi ukuran partikel pasir silika dalam orde mikro. Pasir zirkon yang telah di *milling* dapat memudahkan material bereaksi dengan bahan kimia untuk melakukan sintesis selanjutnya. Proses selanjutnya dilakukan proses *leaching* dengan HCl 2M untuk mengurangi impuritas dari unsur-unsur lain. Impuritas yang dimaksud seperti Ti, Fe, Ni, Cr yang akan larut dalam larutan asam kuat. Kemudian, dilakukan proses Hidrotermal dengan menggunakan basa kuat yaitu NaOH 7 M. Proses hidrotermal bertujuan untuk memisahkan fasa SiO₂ yang masih terdapat pada pasir alam zirkon. Berikut ini hasil karakterisasi XRF pasir zirkon setelah melalui serangkaian proses pemurnian :

Tabel 4. 2 Data hasil karakterisasi XRF pasir zirkon mikro setelah pemurnian.

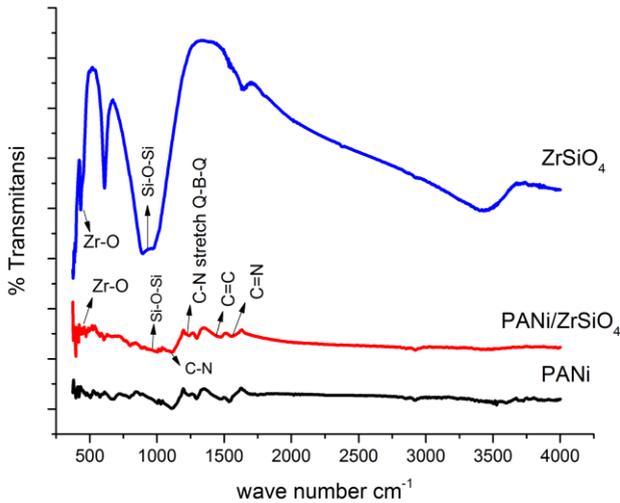
No	Unsur	Presentase (%)
1.	Zr	93
2.	Si	4,22
3.	Ti	0,753
4.	Hf	1,40
5.	Fe	0,041
6.	Ni	0,01
7.	Cr	0,018
8.	Y	0,23
9.	Lain-lain.	0,328

Berdasarkan data hasil karakterisasi XRF dari Tabel 4.2 dapat dilihat terjadi peningkatan presentase unsur Zr (Zirkonium) dari sebelum pemurnian sebesar 92% meningkat menjadi 93% setelah pemurnian. Proses pemurnian ini berhasil menghilangkan unsur-

unsur impuritas dari pasir zirkon. Unsur-unsur yang memiliki persentase cukup tinggi sebelum pemurnian seperti Ti, Fe, Ni, dan Cr. Peningkatan kandungan Zr ini dapat terjadi karena adanya pengurangan impuritas-impuritas yang terdapat dalam pasir alam zirkon setelah melewati beberapa proses pemurnian. Impuritas Ti mengalami penurunan dari 2,17% menjadi 0,753%. Penurunan ini disebabkan oleh perlakuan temperatur 250°C pada proses hidrotermal. Dimana Penggunaan suhu temperatur tersebut dapat melarutkan impuritas Ti (Leny, 2018). Impuritas Fe mengalami penurunan dari 0,441 menjadi 0,041.

4.2 Analisis FTIR Polianilin, $ZrSiO_4$, dan komposit PANi/ $ZrSiO_4$

Pada penelitian ini dilakukan pengujian FTIR untuk menganalisa dan mengetahui gugus fungsi yang terbentuk pada polimer PANi, $ZrSiO_4$, dan komposit PANi/ $ZrSiO_4$. Gugus fungsi suatu material dapat diketahui dari spektra vibrasi yang dihasilkan oleh material pada panjang gelombang tertentu. Berikut ini adalah hasil karakterisasi FTIR dari polianilin, $ZrSiO_4$, dan komposit PANi/ $ZrSiO_4$:



Gambar 4. 1 Spektra serapan FTIR material PANi sebagai matriks dan $ZrSiO_4$ sebagai filler

Tabel 4. 3 Data spektra IR yang muncul pada material PANi sebagai matriks dan $ZrSiO_4$ sebagai filler pada komposit PANi/ $ZrSiO_4$

Referensi (cm^{-1})	Jenis Ikatan/ Gugus Fungsi	PANi	PANi/ $ZrSiO_4$	$ZrSiO_4$
1130-1000	C-N stretch of benzoid ring	1003,02	1006,88	-
		1030,02	1030,02	
		1107,18	1112,96	
1335-1250	C-N stretch of Q-B-Q	1292,35	1298,14	-
1500-1400	C=C benzoid ring	1481,38	1471,74	-
1760-1540	C=N stretch of quinoid ring	1712,85 1751,42	1546,96	-
615-435	Zr-O	-	576,74 611,45	609,53
1400-650	Si-O-Si	-	802,41 895,00	895 970,23
4000-2500	O-H	-	3452,7	3392,9

Gambar 4.1 menunjukkan spektra serapan FTIR material PANi sebagai matrik dan $ZrSiO_4$ sebagai filler dan komposit PANi/ $ZrSiO_4$. Pada polimer polianilin (PANi) sebagai matrik, gugus fungsi C-N stretch of benzoid ring muncul pada bilangan gelombang 1003,02 cm^{-1} , 1030,02 cm^{-1} , dan 1007,18 cm^{-1} sedangkan gugus fungsi C-N stretch of Q-B-Q muncul pada bilangan gelombang 1292,35 cm^{-1} . Jenis ikatan tersebut adalah karakteristik dari sifat konduktif polimer polianilin (PANi). Pada jenis ikatan ini menunjukkan adanya garam emeraldin yang merupakan ciri khusus dari polimer polianilin (PANi). Puncak berikutnya terdapat pada bilangan gelombang 1481,38 cm^{-1} yang merupakan gugus fungsi C=C benzoid ring stretch. Puncak lain yang muncul pada bilangan gelombang 1712,85 cm^{-1} , dan 1751,42 cm^{-1} merupakan gugus fungsi C=N stretch of quinoid ring.

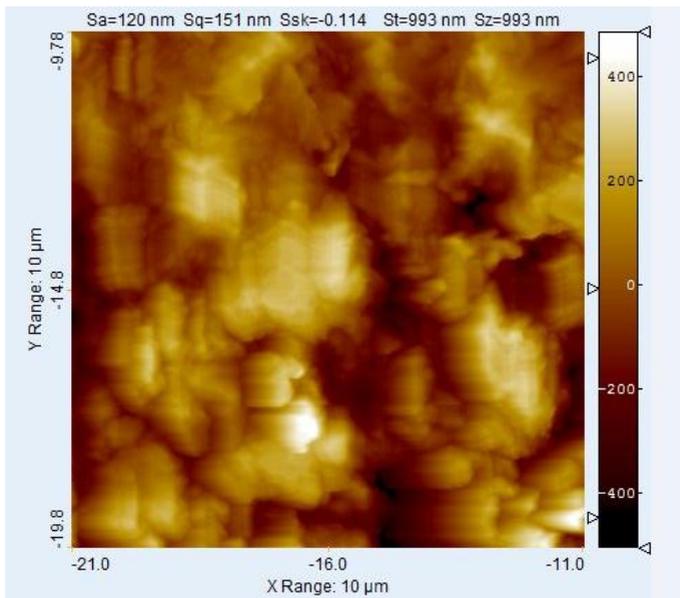
Material $ZrSiO_4$ sebagai filler pada percobaan ini didapatkan dari hasil proses hidrotermal dengan menggunakan NaOH 7M. Menurut Zhang, Zirkon dapat terdekomposisi menjadi 3 yaitu ZrO_2 , SiO_2 , dan $ZrSiO_4$ dengan vibrasi yang berbeda-beda (Zhang,2002). Puncak vibrasi ikatan Zr-O muncul pada bilangan gelombang 609,53 cm^{-1} . Puncak vibrasi berikutnya terdapat pada bilangan gelombang 895 cm^{-1} , dan 970 cm^{-1} yang merupakan gugus fungsi dari Si-O-Si, jenis ikatan O-H juga muncul pada bilangan gelombang 3392,9 cm^{-1} .

Pola serapan komposit PANi/ $ZrSiO_4$ secara umum hampir mirip dengan pola serapan dari material PANi dan $ZrSiO_4$ seperti yang terlihat pada Gambar 4.1. Komposit PANi/ $ZrSiO_4$ mengalami pergeseran puncak dari material penyusunnya yaitu PANi sebagai matriks dan $ZrSiO_4$ sebagai filler yang terlihat pada Tabel 4.3.

4.3 Analisa permukaan awal dengan pengujian AFM (*Atomic Force Microscope*)

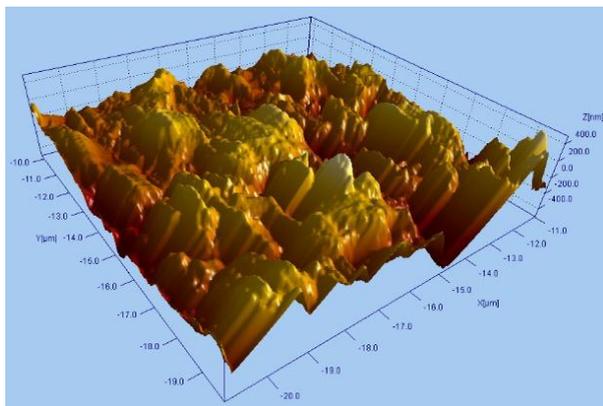
Sebelum dilakukan coating pada SS 304, terlebih dahulu dilakukan *surface preparation* atau persiapan permukaan material

yang akan di coating. Karena 80% kegagalan coating terjadi karena kurang tepatnya perlakuan pada persiapan permukaan material yang akan dicoating. Pertama baja SS 304 di poles, kemudian dilapisi dengan epoxy, ditunggu hingga kering, kemudian di amplas dengan grid 320. Lalu, baja yang telah di epoxy ini dilakukan pengujian AFM terhadap permukaannya. Pengujian AFM disini berfungsi untuk mengetahui morfologi permukaan, topografi permukaan, kekasaran permukaan, serta kehomogenitasan permukaan material SS 304 tersebut. Metode pengujian AFM yang di pakai yaitu metode tapping mode. Berikut ini adalah hasil yang di dapat dari pengujian 2 sampel awal setelah di epoxy :



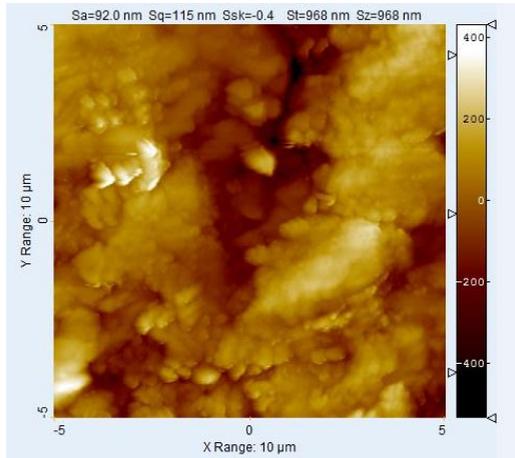
Gambar 4.2 Morfologi permukaan sampel A dalam bentuk dua dimensi

Dari Gambar 4.2 dapat dilihat pola gelap dan terang dari permukaan sampel A. Permukaan yang terang merupakan permukaan yang lebih tinggi dari yang lain, sedangkan untuk warna gelap merupakan permukaan yang lebih rendah dari yang lain. Pada pengujian AFM digunakan pengamatan pada panjang, lebar, dan tinggi dengan range 10 μm . Hasil dari pengujian AFM, terdapat informasi mengenai sa (arithmetical mean height) atau tinggi rata-rata, sq (root mean square height) atau kuadrat akar tinggi rata-rata, ssk (skewness) merupakan distribusi ketinggian permukaan, st dan sz (maximum height) atau tinggi rata-rata. Dapat dilihat pada Gambar, sampel A mempunyai sa = 120 nm, sq= 151 nm, ssk=-0,114, st dan sz= 993 nm. Dari keterangan diatas, dapat disimpulkan bahwa tinggi rata-rata untuk sampel A adalah 120nm, sedangkan roughness sampel A adalah 151 nm. Distribusi ketinggian sampel adalah -0,114, tanda negatif disini berarti distribusi ketinggian berada di bawah bidang ketinggian rata-rata. Ketinggian maksimum (dari lembah terdalam hingga ke puncak tertinggi) yang ada yaitu 993 nm.



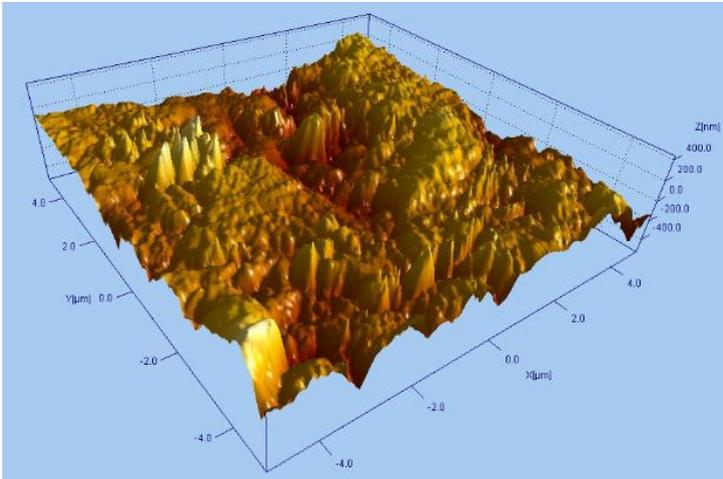
Gambar 4.3 Topografi permukaan sampel A pada bentuk 3Dimensi

Gambar diatas merupakan topografi 3 dimensi dari permukaan sampel A, dapat dilihat dengan jelas pola tinggi rendah nya permukaan sampel tersebut. Skala ketinggian maksimum adalah 500 nm, dan skala kedalaman maksimum juga 500 nm. Pada Gambar 4.3 juga terdapat gradasi warna gelap dan terang seperti pada interpretasi 2 dimensi. Warna terang merupakan daerah dengan ketinggian tertentu, sedangkan warna gelap merupakan daerah dengan kedalaman tertentu juga. Dari gambar 3 dimensi permukaan ini dapat menjadi gambaran awal ketika sampel belum dilapisi dengan coating komposit PANi/ZrSiO₄ sehingga dapat dibayangkan ketika dilakukan pelapisan, akan menyisip/ mengisi daerah-daerah yang memiliki kedalaman lebih dibanding daerah yang lain. Kemudian permukaan sampel akan berinteraksi secara interface dengan lapisan coating PANi/ZrSiO₄ dan saling interlocking secara permukaan.



Gambar 4.4 Morfologi permukaan sampel B dalam bentuk dua dimensi

Gambar 4.4 diatas merupakan permukaan sampel B yang di visualisasikan dengan dua dimensi. Sama seperti sampel A, sampel B memiliki pola gelap terang pada gambar dua dimensi. Pada gambar terlihat banyak warna terang yang dapat diartikan permukaan sampel B mempunyai kekasaran dengan puncak tinggi yang banyak, dibandingkan dengan warna gelap yang berarti kedalaman suatu permukaan. Sampel B mempunyai $S_a = 92$ nm, dan $s_q = 115$ nm. Kemudian mempunyai $s_{sk} = -0,4$ serta s_t atau s_z yaitu 968 nm. Dari keterangan diatas, dapat disimpulkan bahwa tinggi rata-rata untuk sampel B adalah 92 nm, sedangkan roughness sampel A adalah 115 nm. Kekasaran permukaan (roughness) merupakan salah satu hal penting sebelum dilakukan proses pelapisan pada logam. Selain menggunakan pengujian AFM, kekasaran suatu permukaan dapat dilakukan dengan metode *replika tape* yang diatur pada standart ISO 8503-5 dengan batas nilai kekasaran yang diizinkan yaitu 30-75 μm . Distribusi ketinggian sampel adalah -0,4 dimana tanda negatif disini berarti distribusi ketinggian berada di bawah bidang ketinggian rata-rata. Ketinggian maksimum (dari lembah terdalam hingga ke puncak tertinggi) yang ada yaitu 968 nm.



Gambar 4.5 Topografi permukaan sampel B pada bentuk 3Dimensi

Gambar diatas merupakan topografi 3 dimensi dari permukaan sampel B, dapat dilihat dengan jelas pola tinggi rendah nya permukaan sampel tersebut. Skala ketinggian maksimum adalah 500 nm, dan skala kedalaman maksimum juga 500 nm. Pada gambar diatas juga terdapat gradasi warna gelap dan terang seperti pada interpretasi 2 dimensi. Warna terang merupakan daerah dengan ketinggian tertentu, sedangkan warna gelap merupakan daerah dengan kedalaman tertentu juga. Semakin tinggi puncak maka warna nya akan semakin terang, semakin dalam lembahnya maka akan semakin dalam. Gambaran 3 dimensi memudahkan kita dalam melihat topografi permukaan awal secara mikroskopik. Selanjutnya sampel B akan dilakukan pelapisan dengan komposit PANi/ZrSiO₄ menggunakan variasi metode pengecatan dengan kuas.

4.4 Analisis Adhesivitas lapisan coating PANi/ZrSiO₄

Setelah sampel dilapisi dengan material coating

PANi/ZrSiO₄, kemudian ditunggu hingga kering selama beberapa hari. Saat pengujian kemarin waktu tunggu dari pengecatan hingga melakukan uji adhesi adalah 4 hari. Pengujian kekuatan adhesi pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *pull off adhesion test* berdasarkan standart ASTM D-4541. Menggunakan alat Elcometer, *dolly* yang digunakan berdiameter 20 mm dan range kekuatan tarik 0 hingga 7 MPa. Sesuai ISO 4624-2002 nilai minimum pengujian *pull of adhesion test* memiliki kekuatan tekanan 3 Mpa hingga 5 MPa Berikut ini adalah hasil pengujian kekuatan adhesi dengan metode spray dan kuas :

Tabel 4. 4 Data hasil pengujian Adhesi pada coating komposit PANi/ZrSiO₄ dengan menggunakan metode spray dan kuas

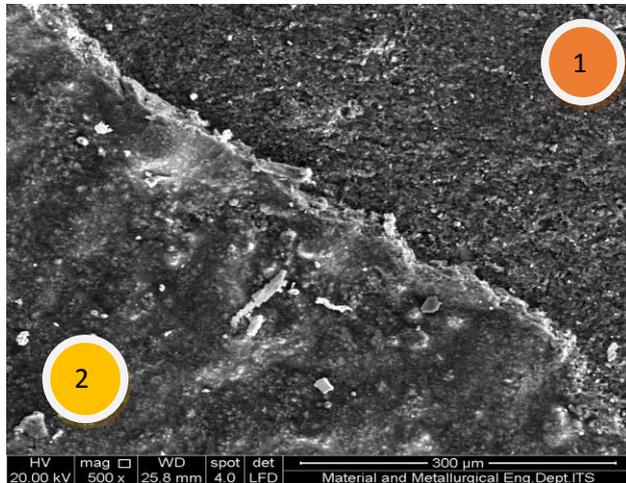
Jenis Metode	Tekanan Adhesi (MPa)	Gaya Adhesi(kN)
Spray	4,85	1,523
Kuas	4,43	1,391

Dari data Tabel 4.4 diperoleh bahwa pengujian yang mempunyai daya lekat tinggi adalah coating komposit dengan metode spray yaitu sebesar 4,85 MPa. Sedangkan pengujian dengan menggunakan kuas mempunyai daya lekat 4,43 MPa. Pada sampel B (kuas) mempunyai daya lekat yang lebih kecil diindikasikan disebabkan karena lapisan komposit belum 100% kering. Kedua sampel dilakukan preparasi sampel yang sama dan diuji roughness nya menghasilkan kekasaran dibawah 30-75 μm . Dimana, ini berarti kedua permukaan masih termasuk halus, sehingga ikatan antar permukaan sampel dan lapisan coating lemah. Karena semakin kasar permukaan maka akan memiliki ikatan adhesi yang lebih tinggi dibanding permukaan yang memiliki kekasaran lebih rendah (Rishad, 2016). Selain itu salah satu hal yang menyebabkan perbedaan kekuatan adhesi pada

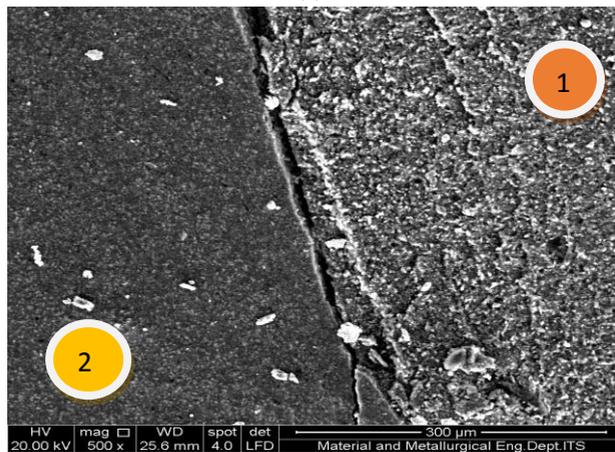
penelitian Tugas Akhir ini yaitu metode spraying mempunyai faktor tekanan dalam pelapisan komposit ke baja. Sedangkan pada metode kuas tidak ada faktor tekanan dalam pelapisannya. Tekanan disini berperan dalam persebaran lapisan komposit yang di lapiskan pada baja. Dikarenakan permukaan baja tadi mempunyai kekasaran sebagaimana disebutkan di subbab pengujian AFM dengan bantuan tekanan, cat komposit PANi/ZrSiO₄ dapat masuk/ tersebar merata sampai ke permukaan dasar dari permukaan yang kasar tersebut. Sedangkan untuk kuas, karena tidak ada tekanan dalam pengaplikasiannya, maka lapisan cat komposit PANi/ZrSiO₄ hanya berada dibagian atas lapisan yang kasar tersebut. Sehingga, diindikasikan akan ada rongga kosong pada ikatan antar muka permukaan epoxy dengan lapisan cat komposit PANi/ZrSiO₄. Rongga tersebut dapat menurunkan kualitas dari kekuatan adhesi suatu material.

4.5 Analisa morfologi permukaan Lapisan Coating

Analisis morfologi material dilakukan dengan menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM). Analisis dilakukan dari penampang atas permukaan yang telah dilapisi cat komposit PANi/ZrSiO₄, dilakukan di tiga tempat yaitu permukaan yang dilapisi cat, yang di adhesi, dan perbatasan antara permukaan yang di adhesi dan tidak di adhesi. Berikut ini merupakan hasil analisis pada permukaan baja SS 304 didaerah perbatasan uji adhesi dengan yang tidak dikenai uji adhesi:



(a)

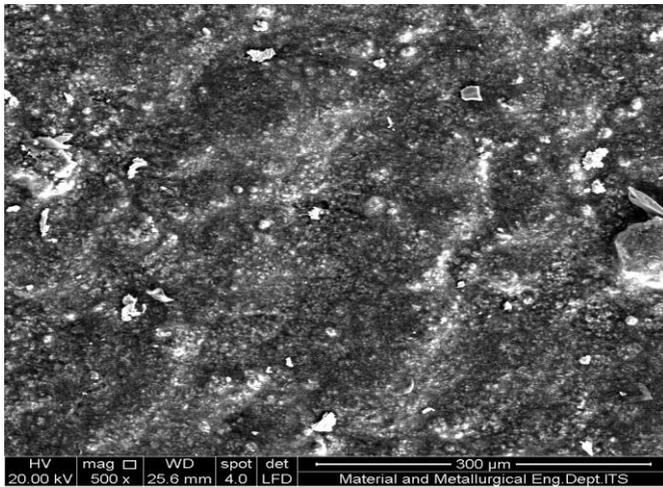


(b)

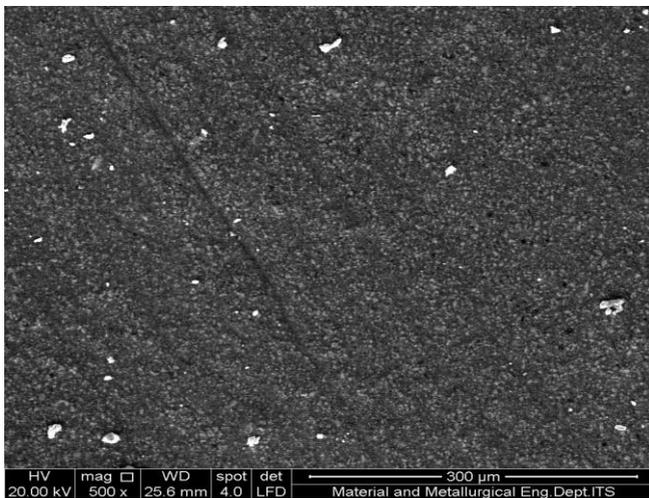
Gambar 4.6 Morfologi permukaan perbatasan, 1(a) coating cat PANi/ZrSiO₄ metode spray, 2(a) coating cat PANi/ZrSiO₄ metode kuas, 1(b) setelah perlakuan pull of adhesion test metode spray, 2(b) setelah perlakuan *pull of adhesion test* metode kuas, dengan perbesaran 500x

Gambar 4.6 (a) menunjukkan morfologi perbatasan permukaan lapisan yang tidak dikenai uji adhesi dengan permukaan yang terkena uji adhesi dengan metode *spraying*. Pada lapisan yang tidak dikenai adhesi terlihat partikel-partikel serbuk komposit PANi/ZrSiO₄ tersebar merata dipermukaan baja tersebut. Sementara pada daerah yang dikenai uji adhesi menunjukkan adanya jejak tarikan, terlihat pula kontur kasar. Demikian juga pada Gambar 4.6 (b) menunjukkan morfologi perbatasan permukaan lapisan yang tidak dikenai uji adhesi dengan permukaan yang dikenai uji adhesi. Pada lapisan yang tidak dikenai adhesi terlihat beberapa butiran-butiran yang diindikasikan sebagai serbuk komposit PANi/ZrSiO₄. Dari penampang atas dapat dilihat bahwa persebaran partikel lebih jarang terlihat, dan tidak merata. Pada daerah yang dikenai uji adhesi terlihat permukaannya lebih kasar.

Berikut ini hasil analisis pada permukaan baja SS 304 setelah di lapisi dengan menggunakan cat komposit PANi/ZrSiO₄ :



(a)



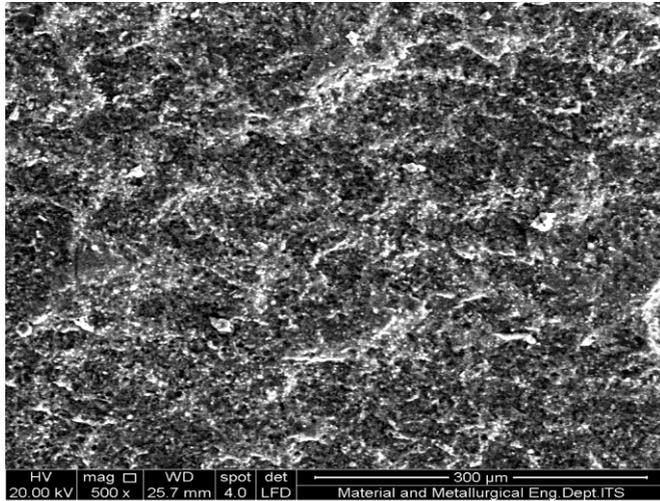
(b)

Gambar 4.7 Morfologi permukaan lapisan cat PANi/ZrSiO₄ (a) metode spraying dan (b) metode kuas dalam perbesaran 500x

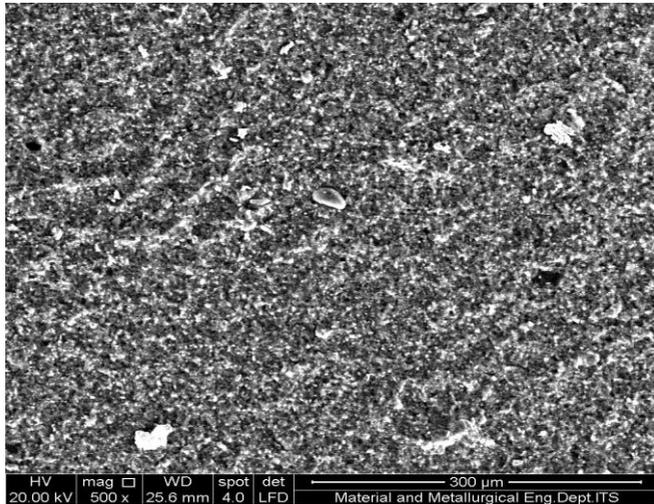
Gambar 4.7 (a) menunjukkan morfologi permukaan lapisan cat komposit PANi/ZrSiO₄ dengan menggunakan metode *spraying*. Dari Gambar 4.7 (a) terlihat beberapa butiran-butiran yang diindikasikan sebagai serbuk komposit PANi/ZrSiO₄. Dari penampang atas dapat dilihat bahwa persebaran partikel pada permukaan yang dilapisi dengan metode spray lebih merata. Sedangkan pada Gambar 4.7 (b) menunjukkan morfologi permukaan lapisan cat komposit PANi/ZrSiO₄ dengan menggunakan metode kuas. Dari Gambar 4.7 (b) terlihat beberapa butiran-butiran yang diindikasikan sebagai serbuk komposit PANi/ZrSiO₄. Dari penampang atas dapat dilihat bahwa persebaran partikel lebih jarang terlihat, dan tidak merata.

Sehingga dapat dibandingkan dari kedua metode pelapisan baja, metode yang memiliki distribusi komposit PANi/ZrSiO₄ lebih merata yaitu metode *spraying*. Hal itu dikarenakan, pada metode *spraying*, terdapat tekanan udara dari kompresor saat pengecatan. Sehingga tekanan udara tersebut menyebabkan cat lebih cepat kering. Sedangkan metode kuas, tidak menggunakan tekanan udara dari kompresor. Lamanya waktu kering pada cat berpengaruh pada partikel komposit PANi/ZrSiO₄. Semakin lama cat mengering maka komposit akan mengendap dan beraglomerasi, sehingga tidak tersebar merata.

Berikut ini merupakan hasil morfologi permukaan baja yang dikenai uji adhesi:



(a)



(b)

Gambar 4.8 Morfologi permukaan lapisan cat PANi/ZrSiO₄ setelah dikenai uji adhesi (a) metode spraying dan (b) metode kuas dalam perbesaran 500x

Gambar 4.8 (a) menunjukkan morfologi permukaan lapisan cat PANi/ZrSiO₄ setelah dikenai uji adhesi dengan menggunakan metode spraying. Dari Gambar 4.8 (a) terlihat adanya jejak tarikan dari *uji pull of test*, terlihat pula kontur kasar. Lapisan cat komposit PANi/ZrSiO₄ dengan baja SS 304 terjadi ikatan interlocking seperti jangkar yang saling mengunci. Hal tersebut dikarenakan adanya kekasaran pada permukaan baja, sehingga lapisan cat komposit PANi/ZrSiO₄ masuk kedalam rongga-rongga pada permukaan baja tersebut hingga mengering dan berikatan mekanik. Dengan adanya bantuan tekanan dari kompresor lapisan cat komposit PANi/ZrSiO₄ tersebar merata, dan mengisi rongga-rongga pada permukaan logam. Dari gambar 4.8 (b) menunjukkan morfologi permukaan lapisan cat PANi/ZrSiO₄ setelah dikenai uji adhesi dengan menggunakan metode kuas. Lapisan cat komposit PANi/ZrSiO₄ dengan baja SS 304 terjadi ikatan interlocking. Hal tersebut dikarenakan adanya kekasaran pada permukaan baja, sehingga lapisan cat komposit PANi/ZrSiO₄ masuk kedalam rongga-rongga pada permukaan logam. Namun, pada metode kuas, tanpa menggunakan tekanan dari kompresor, menyebabkan adanya komposit PANi/ZrSiO₄ yang beraglomerasi, dan kohesi lapisan cat komposit PANi/ZrSiO₄ yang lemah. Sehingga ketika dikenai pengujian pull of test, masih banyak lapisan PANi/ZrSiO₄ yang tertinggal di permukaan baja. Dari Gambar 4.8 (b) terlihat kekasaran setelah dilakukan pull of test, serta terlihat ada komposit yang tertinggal di permukaan baja SS 304.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan yaitu:

1. Morfologi permukaan baja SS 304 sebelum dilapisi komposit PANi/ZrSiO₄ pada sampel A dan sampel B memiliki tingkat homogenitas kekasaran yang sama.
2. Morfologi permukaan lapisan komposit PANi/ZrSiO₄ dengan metode spraying tanpa perlakuan pull of adhesion test terdapat persebaran partikel komposit PANi/ZrSiO₄ yang merata, sedangkan dengan metode kuas persebaran partikel PANi/ZrSiO₄ tidak merata.
3. Morfologi permukaan lapisan komposit PANi/ZrSiO₄ dengan metode spraying setelah dilakukan pull of adhesion test lebih ulet, terlihat jejak tarikan pada permukaan sedangkan pada metode kuas tidak terlihat jelas jejak tarikan pull of tes adhesion pada permukaan baja SS 304
4. Variasi pengecatan mempengaruhi kualitas lapisan dimana metode pelapisan yang mempunyai kualitas lebih baik dilihat dari aspek kekuatan adhesivitas adalah metode spraying.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya :

1. Perlu dilakukan pengujian cleanliness terhadap permukaan sebelum baja dilapisi dengan cat komposit PANi/ZrSiO₄
2. Perlu dilakukan variasi kekasaran pada baja sebelum dilapisi dengan komposit.
3. Perlu dilakukan variasi ketebalan lapisan cat komposit PANi/ZrSiO₄

“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.
- Antony, Rishad, Sudiyono, K. (2016). “Studi Eksperimen pengaruh Tebal Cat dan Kekasaan pada Plat Baja Karbon rendah terhadap Kerekatan Cat dan biaya proses di PT Swadaya Graha”. ITS; Surabaya.
- Ashokan.S, Ponnuswamy.V, Jayamurugan P., (2015). “Synthesis and Characterization of CuO nanoparticles, DBSA doped PANi and PANi/CuO Hybrid Composites for Diode and Solar Cell Device Development. Department of Physics, Sri Ramakrishna Mission Vidyalyaya College of Arts and Science”.India. Journal of Alloy and Compounds 646 40-48.
- Elsner, H., 2013. Zirkon-Insufficient Supply in the Future? Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.
- Jia Liu, Cao Li-Yun, Huang Jian-Feng, Xin Yu, Yang Wen-dong, Fei Jie, Yao Chun-Yan. (2012). “A ZrSiO₄/SiC Oxidation Protective Coating For Carbon/Carbon composites”. Surface and coating Technology 206. 370-3274.
- Nasution, Erika. I, dan Astuti. (2012). “Sintesis nanokomposit PANi/Fe₃O₄ sebagai penyerap magnetic pada gelombang mikro”. Jurnal Fisika Unand. Vol I : 37-44.
- Nurkumala. E, dan Triwikantoro (2014), “Pengaruh PANi/SiO₂ dan Metode Pengecatan terhadap Laju Korosi Baja SS 304”. ITS: Surabaya.

- Packham, D.E. (2003), "*A seventy year prespective and its current status school of material Science*", University of Bath. UK.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral nomor 7 tahun 2012.
- Perrin M.X, and C. Queiny. (2017), "Polyaniline thermoset Blends and Composites". *Reactive and Functional Polymers* 144. 86-103.
- Reza Ansari, and Keivan, M.B. (2006), "Polyaniline Conducting Electroactive Polymers : Thermal and Environmental Stability Studies". Iranian Academic Center for Educaation, Culture and Research (ACECR): Iran.
- Schwartz, M.M, (1984), "Composite Materials Handbooks, Mc Graw-Hill Books Co, New York.
- Schweitzer, Philip.(2006), "*Paint and coatings*", Taylor and Francis group, Amerika serikat.
- Sulistijono. (1999), "Korosi". Fakultas Teknik Industri ITS. ITS: Surabaya.
- Skoda, D., Styskalik,A., Moravec, Z., Bezdicka, P. Pinkas, J., (2015). "Templeted non-hydrolytic Synthesis of mesoporous zirkonium silicates and their catalyc properties". *J.Master, sci.* 50, 3371-3382.
- Srikanth, S., Devi, V.L., Kumar, R., 2015. Unfolding the complexities of mechanical activation assisted alkali leaching of zirkon ($ZrSiO_4$). *Hydrometallurgy* 157, 159.
- Surdia, T., Saito, S. (2000). "Pengetahuan Bahan Teknik", Pradnya Paramita: Jakarta.
- Terki, R., Bertrand, G., Aourag, H., 2005. Full potential investigations of structural and elektronik properties of $ZrSiO_4$. *Microelektron. Eng.* 81, 514–523.
- Trethewey K.R & Chamberlain, J. (1999), "Korosi untuk

Mahasiswa Sains dan Rekayasa”. PT Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.

Tu, H., Duan, T., Ding, Y., Lu, X., Tang, Y., 2015. Phase and microstructural evolutions of the $\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2\text{-SiO}_2$ system synthesized by the sol-gel process. *Ceram. Int.* 41, 8046–8050.

Undang-undang Minerba nomor 4 tahun 2007

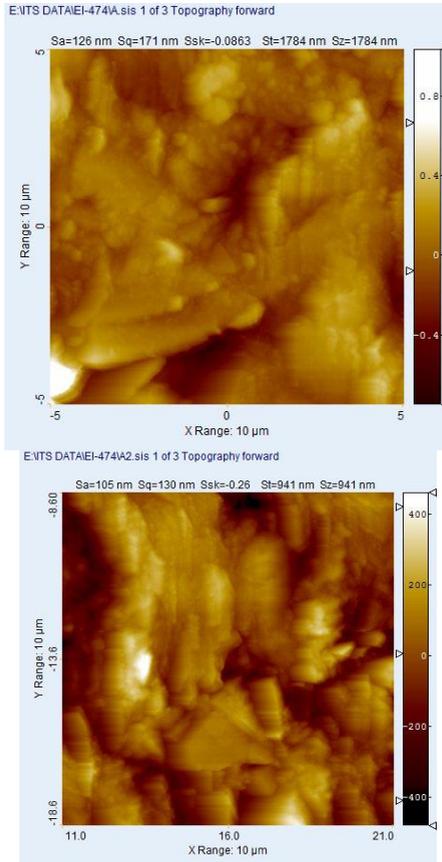
Yang, L.I., Peng XiaO, Zhun LI, Wei Zhou.(2017), “Oxidation Behavior of C/C composites with $\text{SiC/ZrSiO}_4 - \text{SiO}_2$ Coating”. *Trans.Nonferrous Met.Soc.China*, Vol.397-405.

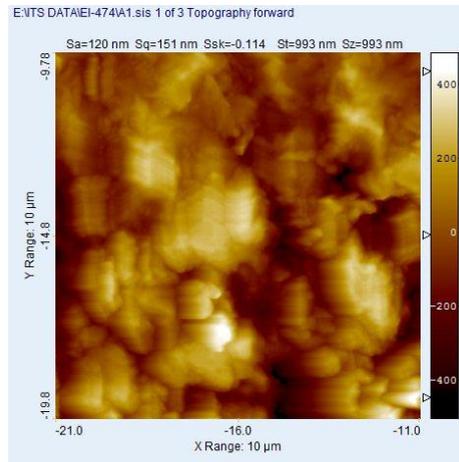
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

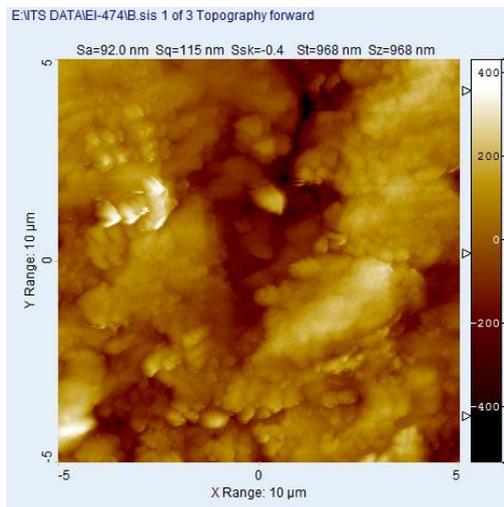
Gambar Hasil Uji Atomic Force Microscope (AFM)

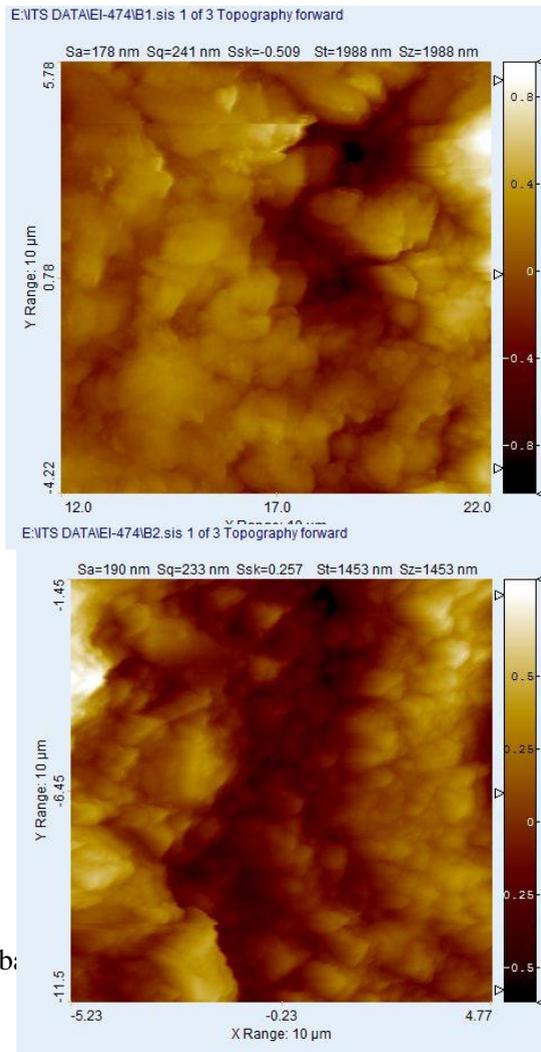
a. Gambar morfologi dua dimensi sampel A



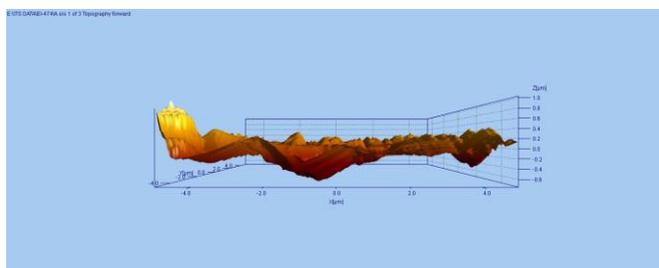
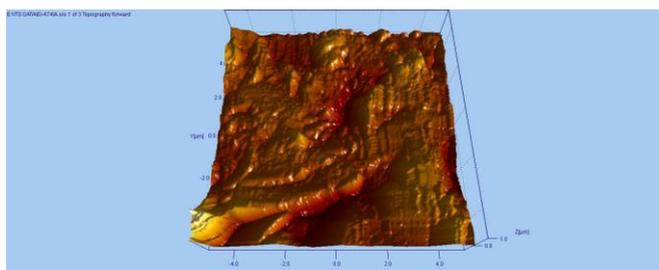
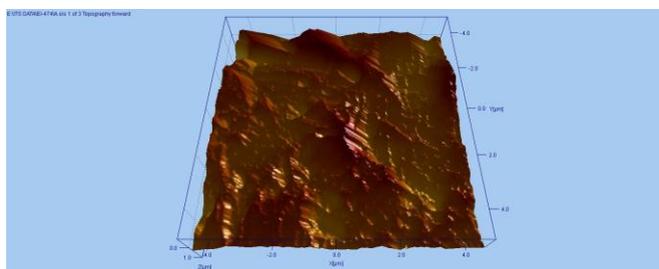


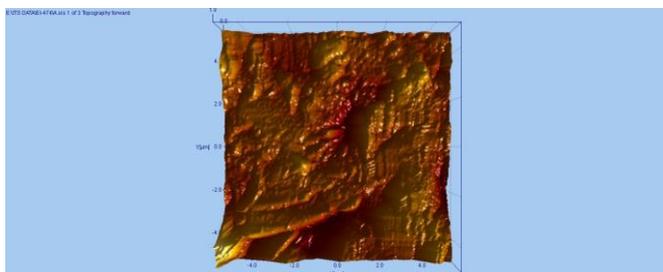
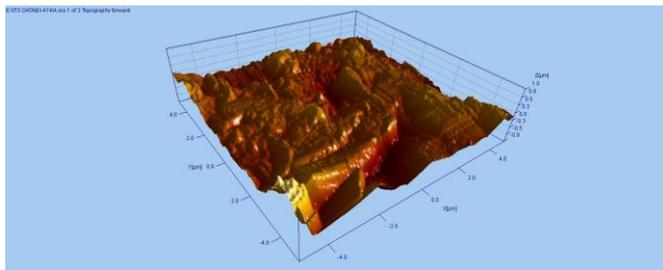
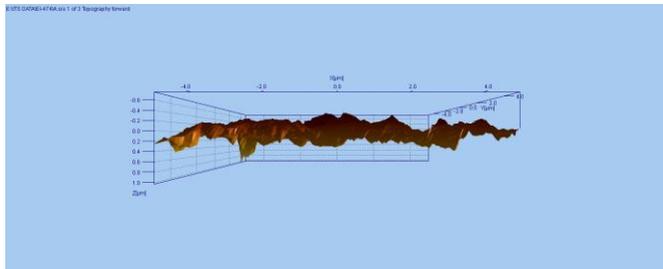
b. Gambar morfologi dua dimensi sampel B



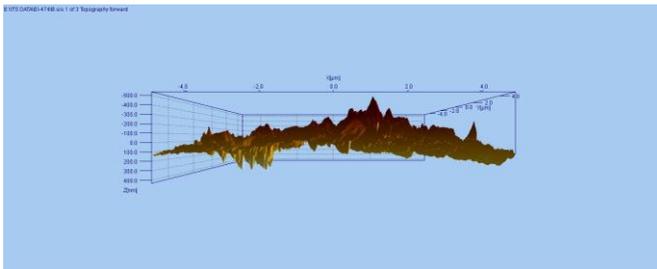
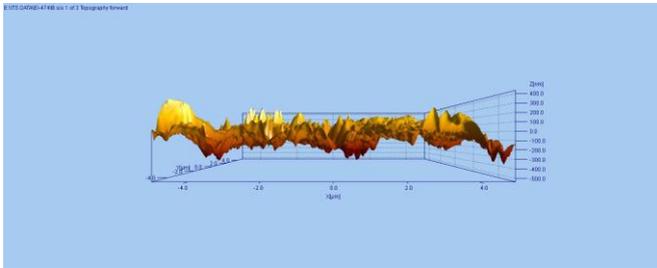
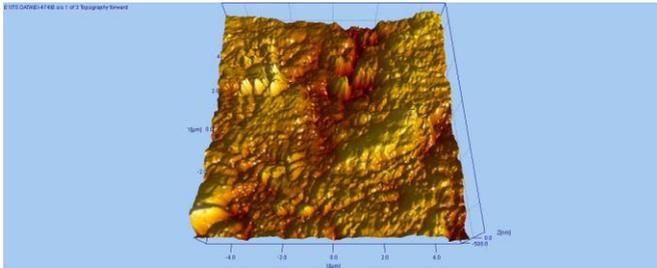
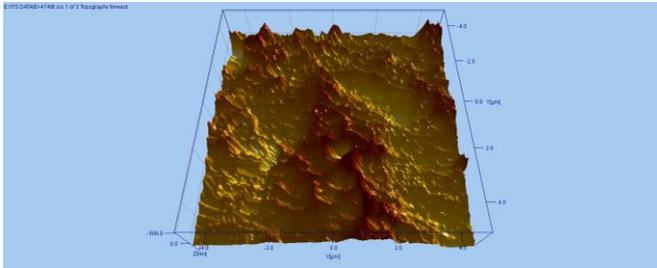


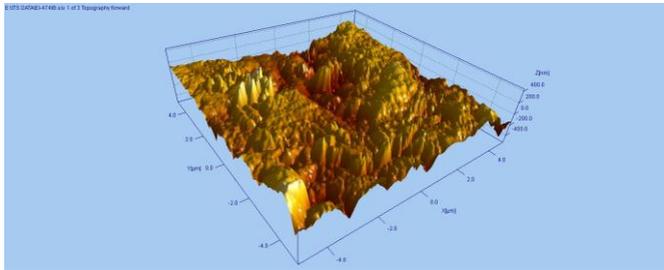
c. Gambar





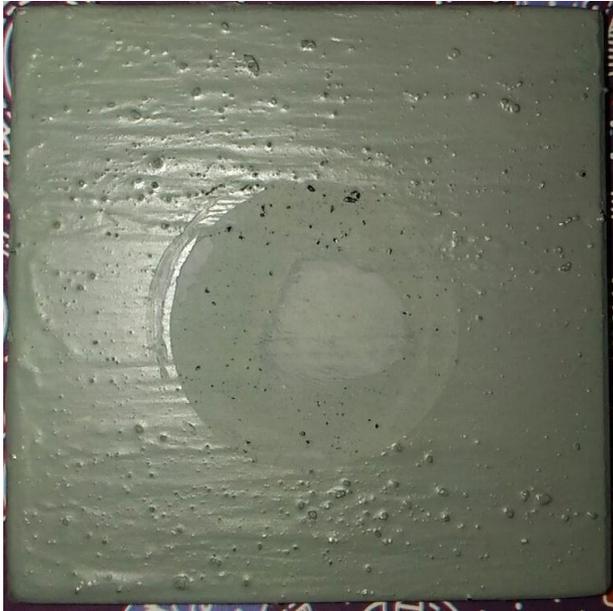
d. Gambar morfologi tiga dimensi sampel B





Gambar hasil Uji *pull of test adhesion*





Perhitungan Gaya Adhesi pada *pull of adhesion test*

Menurut standart ASTM D4541 tipe 05, dolly yang digunakan memiliki diameter 20 mm, dengan skala tekanan adhesi nya dari 0 hingga 7 MPa. Sesuai ISO 4624-2002 nilai minimum tekanan adhesi yang baik antara 3 MPa – 5 MPa.

Diketahui : Diameter dolly = 2 cm = 2×10^{-2} m
 Jari-jari dolly = 1 cm = 1×10^{-2} m
 Tekanan Adhesi A = 4,85 MPa = $4,85 \times 10^6$ Pa
 Tekanan Adhesi B = 4,43 MPa = $4,43 \times 10^6$ Pa

Ditanyakan : Gaya Adhesi A dan B ?

Jawab :

Untuk sampel A

$$P = \frac{F}{A}$$

$$F = P \times A$$

$$F = 4,85 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \times 3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$F = 1522,9 \text{ N}$$

$$F = 1,523 \text{ kN}$$

Untuk sampel B

$$P = \frac{F}{A}$$

$$F = P \times A$$

$$F = 4,43 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \times 3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$F = 1391,02 \text{ N}$$

$$F = 1,391 \text{ kN}$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis yaitu Natazsa Putri Riadi, dengan nama panggilan Natazsa. Penulis dilahirkan di Madiun pada tanggal 20 April 1996. Penulis merupakan anak dari pasangan Slamet Riadi dan Putri Nawang Pamungkas Sari. Riwayat pendidikan penulis yaitu, TK Aba 2 Mejayan lulus tahun 2002, SDN Mejayan 01 lulus tahun 2008, SMPN 1 Mejayan lulus tahun 2011, SMAN 1 Mejayan 2014. Tahun 2014 masuk ke Departemen

Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui jalur SNMPTN. Penulis mengambil bidang minat Fisika Material. Pengalaman semasa kuliah yaitu sebagai Asisten Laboratorium Fisika Dasar, Asisten Laboratorium Material, Staff SRD Himasika ITS tahun 2015-2016, sekretaris departemen PSDM Himasika ITS 2016-2017. Motto hidup penulis yaitu **"Love Yourself, Love Myself, Peace"** cintai dirimu sendiri dan juga orang lain. Jangan menjadi seperti orang lain agar mendapat pujian, jadi diri sendiri. Selalu jujur dengan diri sendiri.

natputria@gmail.com