

# Fabrikasi Polianilin- $TiO_2$ dan Aplikasinya sebagai Pelindung Anti Korosi pada Lingkungan Statis, Dinamis dan Atmosferik

Andry Permana\* dan Darminto  
Jurusan Fisika-FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 61111

## Intisari

Penggunaan logam dalam perkembangan teknologi dan industri sebagai salah satu material penunjang sangat besar perannya, akan tetapi dalam kehidupan sehari-hari banyak faktor yang menyebabkan daya guna logam ini menurun. Salah satu penyebab hal tersebut adalah terjadinya korosi pada logam. Guna untuk mengatasi permasalahan penurunan fungsi logam karena korosi, maka dilakukan penelitian pembuatan komposit anti korosi dalam hal ini adalah Polianilin (PANi)- $TiO_2$  dengan menggunakan media cat sebagai binder. Komposisi pengisi bervariasi dengan persentase 10%, 15% dan 20% dan penelitian dilakukan pada 3 (tiga) macam lingkungan yaitu statis, dinamis dan atmosferik. Perhitungan laju korosi dilakukan dengan menggunakan metode kehilangan massa, hasil penelitian menunjukkan bahwa pembuatan komposit PANi- $TiO_2$  dengan variasi konsentrasi ternyata memiliki ketahanan korosi yang lebih baik daripada hanya digunakan cat sebagai pelapis anti korosi.

KATA KUNCI: PANi,  $TiO_2$ , anatase, korosi.

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dan industri di era modern ini sangatlah pesat. Material berbasis polimer, keramik, logam dan komposit mengambil andil penting dalam perkembangan tersebut. Logam menempati persentase terbesar sebagai material penunjang dalam industri. Logam memiliki nilai cost yang relatif rendah, sehingga banyak industri menggunakannya [1]. Walaupun demikian, dalam kehidupan sehari-hari banyak faktor yang menyebabkan daya guna logam ini menurun. Salah satu penyebab hal tersebut adalah terjadinya korosi pada logam. Pengertian korosi pada umumnya adalah penurunan mutu material akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungan sekitar dimana terjadi proses transfer elektron dari logam ke lingkungan. Korosi yang merupakan salah satu masalah yang sedang dihadapi oleh ahli teknik dan berbagai usaha terhadap pengendalian korosi yang sekarang gencar dilakukan adalah untuk mengendalikan kerusakan material yang diakibatkannya, agar laju korosi yang terjadi dapat ditekan serendah mungkin dan dapat melampaui nilai ekonominya, atau jangan sampai logam mejadi rusak sebelum waktunya.

Berbeda dari bahan logam, bahan polimer merupakan bahan dengan kemampuan menghantarkan listrik yang rendah dan tidak memiliki respon terhadap adanya medan magnet dari luar. Akan tetapi, bahan polimer memiliki ketahanan terhadap lingkungan yang bersifat korosif. Melalui beberapa penelitian yang dilakukan [2,3,4], sebagian bahan polimer ternyata dapat ditingkatkan konduktivitas listriknya dengan menambahkan bahan asam sehingga timbul fasa ke-

dua yang bersifat konduktif. Salah satu bahan polimer yang konduktivitas listriknya dapat ditingkatkan adalah polianilin (PANi). Salah satu alternatif yang digunakan untuk mengatasi masalah diatas adalah dengan membuat bahan komposit. Pembuatan komposit berbasis polimer ternyata telah banyak dikembangkan, salah satu polimer yang paling digemari adalah PANi. Pemberian filler ( $TiO_2$ ) pada PANi tersebut akan memberikan sifat yang lebih unggul dan aplikatif dalam hubungannya dengan proteksi korosi.

Pengujian korosi dilakukan dengan menggunakan media larutan NaCl 3%. Metode yang sering digunakan untuk menentukan laju korosi adalah metode kehilangan massa. Metode kehilangan massa merupakan metode pengukuran perbedaan massa awal sebelum pengujian dengan massa akhir setelah pengujian. Penelitian ini akan menunjukkan bahwa dengan pelapisan komposit cat-PANi/ $TiO_2$  pada logam besi akan meningkatkan ketahanan terhadap korosi pada berbagai macam lingkungan diantaranya lingkungan statis, dinamis dan atmosferik.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### Pembuatan Komposit PANi- $TiO_2$

Tahap polimerisasi merupakan tahap awal dalam pembuatan PANi. Larutan monomer yaitu anilin direaksikan dengan inisiator sehingga membentuk rantai banyak disebut polianilin. Larutan inisiator yang digunakan adalah amonium peroksidisulfat ( $NH_4$ )<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>. Tahap selanjutnya adalah pembentukan basa emeraldin. Dalam tahap ini terjadi proses deprotonisasi PANi. Penambahan  $NH_4OH$  1 M dilakukan jika pH

\*E-MAIL: hosea\_1988@physics.its.ac.id

< 8, hal ini dilakukan untuk mencapai kesetimbangan sistem proses deprotonasi pada  $pH \geq 8$ . Tahap terakhir adalah proses pendopingan, proses ini dilakukan dengan mereaksikan bubuk basa emeraldin dengan HCl.

Tahap pembuatan  $TiO_2$  adalah  $TiCl_3$  ( $\approx 10$  wt%) ditambah dengan 37% HCl (2 M) dengan perbandingan [1:2] Larutan di atas ditambah dengan  $NH_3$  (4M) 25% diaduk dengan pengaduk magnetik sampai terbentuk presipitat berwarna putih [5]. Hasil (suspensi) dibiarkan pada temperatur ruang selama 1 hari. Endapan disaring dengan kertas saring dan dicuci dengan aquades. Endapan dioven dalam selama 8 jam dengan temperatur  $200^\circ C$  untuk memperoleh fase anatase, sedangkan untuk memperoleh fasa rutil endapan di panaskan hingga suhu  $1000^\circ C$  [6].

PANi dan  $TiO_2$  dicampur dengan cara mekanik sehingga tercampur merata dengan konsentrasi 10%, 15% dan 20%. PANi- $TiO_2$  dicampurkan kedalam cat sehingga menjadi komposit PANi- $TiO_2$ .

### Pengujian Sampel

Konduktivitas PANi di uji dengan menggunakan metode *four point probe*. Sampel akan diuji pada 3 (tiga) lingkungan yaitu statis, dinamis, dan atmosferik.

Pada kondisi statis, sampel tercelup dalam larutan NaCl untuk jangka waktu tertentu. Sampel yang berada dalam larutan NaCl akan terkorosi dan mengalami pengurangan massa. Sampel kemudian diangkat dan dihitung kembali massanya. Selisih massa awal dengan massa akhir akan menentukan laju korosi dari sampel.

Pada kondisi dinamis, sampel akan tercelup dalam larutan NaCl dan dikondisikan larutan akan diputar dengan menggunakan stirer. Sampel yang berada dalam larutan NaCl akan terkorosi dan mengalami pengurangan massa selama perputaran. Sampel kemudian diangkat dan dihitung kembali massanya. Selisih massa awal dengan massa akhir akan menentukan laju korosi dari sampel.

Pada kondisi atmosferik, sampel yang telah dipreparasi dan dilapisi akan dikorosikan selama 80 jam. Perangkat ini terdiri dari sebuah wadah penampung larutan penguji, dua buah galon penampung larutan penguji yang akan dipanaskan, sebuah pompa, sebuah chamber tempat sampel akan dikorosikan, dan sebuah wadah penampung larutan penguji yang keluar dari chamber.

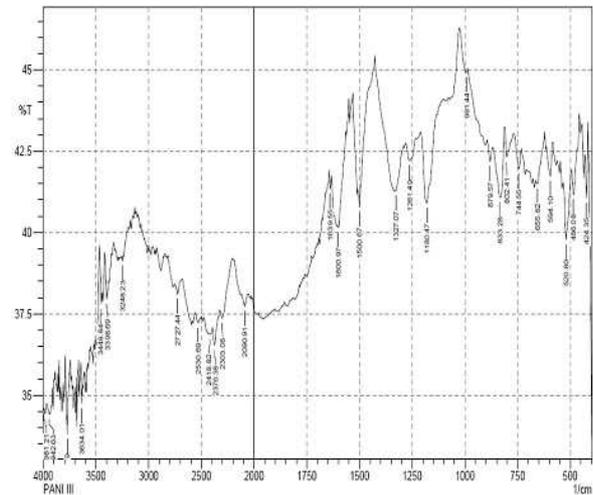
Pengujian Spektroskopi FTIR dilakukan di Laboratorium Instrumen Kimia ITS dengan menggunakan alat spektroskopi FTIR dengan merk Shimadzu FTIR. Pengujian difraksi kristal dilakukan dengan menggunakan alat X-Rays Diffractometer merk Philip X'pert milik ITS. Pengujian XRF dilakukan dengan menggunakan alat X-Rays Fluorescence milik ITS di laboratorium rekayasa material gedung robotika.

### III. HASIL DAN DISKUSI

Penelitian ini dilakukan untuk membuat komposit tahan korosi guna melindungi logam dari proses korosi. Polianilin telah berhasil dibuat dengan menggunakan metode reaksi

TABEL I: Data Spektroskopi FTIR pada PANI yang telah di doping HCl

Eksperimen (cm <sup>-1</sup> )	Referensi (cm <sup>-1</sup> )	Vibrasi
802,41	800,53	C-H bending
1180,47	1122,67	C-H bending
1261,49	1290,49	C-N stretching
1500,67	1473,75	C=C benzoid
1600,97	1560	C=C kuinoid



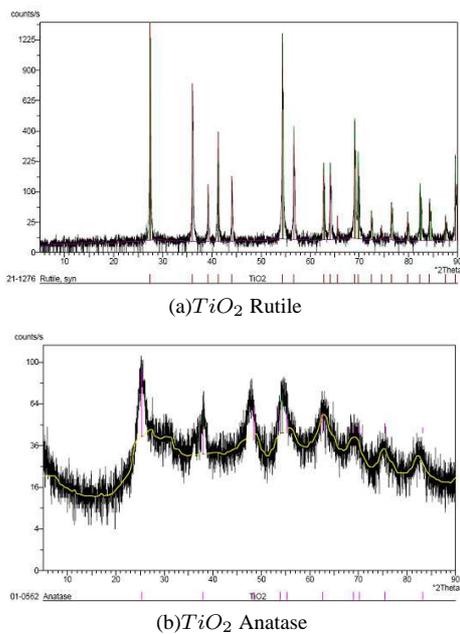
Gambar 1: Hasil FTIR Polianilin (PANi)

kimia. Monomer anilin diinisiasi dengan larutan inisiator yaitu amonium perokdisulfat sehingga menjadi fungsi gugus banyak disebut polianilin (PANi). PANi memiliki 4 macam struktur umum [7]. PANi dalam fasa basa emeraldin masiuh bersifat isolator, sehingga diperlukan proses protonasi (perlakuan asam), yang mengakibatkan terjadinya cacat rantai dalam bentuk pasangan dikation karena adanya pengikatan dopan. Proses protonasi/pendopingan dilakukan dengan menggunakan larutan HCl 1,5M. Pemilihan HCl sebagai bahan dopan didasarkan pada sifat HCl yang mudah menguap dalam kondisi vakum. Proses protonasi pada saat pendopingan polianilin merupakan proses penarikan proton yang berada dalam larutan asam (HCl). Proses protonasi berlangsung karena adanya penarikan ion  $H^+$  (proton) yang terdapat dalam larutan HCl oleh pasangan elektron bebas dari atom N yang terikat secara imin dengan cincin *quinoid* pada gugus dalam bentuk teroksidasi dari basa emeraldin.

Pada proses protonasi tidak terjadi perubahan jumlah elektron dalam rantai polimer. Cacat rantai yang timbul akibat protonasi ini berupa pasangan dikation atau sering disebut sebagai *bipolaron* yang berperan sebagai pembawa muatan. Keberadaan bipolaron dalam rantai polianilin menjadikannya bersifat konduktif.

PANi yang telah dibuat diuji FTIR guna mengetahui gugus fungsi yang terkandung didalamnya. Puncak-puncak hasil FTIR dapat dilihat pada Tabel I.

Tabel I menunjukkan data eksperimen dengan data refer-



Gambar 2: Hasil XRD

ensi, terlihat bahwa ada nya kecocokan antara keduanya. Terdapat vibrasi C-H *bending*, C-N *stretching*, C=C *benzoid* dan C=C *kuinoid* yang merupakan karakter dari PANi. Pengujian konduktivitas telah dilakukan dengan metode four point probe didapatkan nilai konduktivitas 2,214 S/cm.

Sedangkan data difraksi sinar X untuk  $TiO_2$  anatase dan rutile dikarakterisasi dengan menggunakan software search match dan MAUD seperti ditunjukkan pada Gambar 2, bahwa puncak-puncak yang muncul adalah puncak milik  $TiO_2$  anatase dan rutile. Software MAUD digunakan untuk mengetahui besar ukuran kristal dari kedua fasa  $TiO_2$  tersebut dan didapatkan nilai ukuran kristal anatase adalah 3,27 nm dan rutile adalah 98,1 nm.

PANi sebagai polimer konduktif berfungsi sebagai penghantar ion-ion pengkorosif menuju  $TiO_2$  yang cenderung bersifat positif. Ion-ion pengkorosif yang memiliki muatan negatif akan tarik menarik dengan muatan positif, sehingga ion-ion pengkorosif akan terlebih dahulu mengkorosi  $TiO_2$ . Ukuran kristal  $TiO_2$  (*anatase*) lebih kecil daripada  $TiO_2$  (*rutile*) hal ini disebabkan oleh karena perlakuan panas yang berbeda pada kedua sampel. Untuk sampel  $TiO_2$  (*anatase*) hanya dipanaskan pada temperatur 200°C, sedangkan sampel  $TiO_2$  (*rutile*) dipanaskan pada temperatur 1000°C. Pada temperatur yang relatif rendah yaitu 200°C, kristal-kristal  $TiO_2$  (*anatase*) tidak memiliki energi yang cukup untuk menumbuhkan kristal-kristal yang ada, sehingga pertumbuhan kristal yang belum maksimal menjadikan ukuran dari kristal-kristalnya kecil. Pada  $TiO_2$  (*rutile*), pemanasan dengan temperatur yang tinggi memberikan energi yang cukup untuk menumbuhkan kristal-kristal yang ada, sehingga proses pertumbuhan kristal terjadi secara sempurna. Oleh karena kristal tumbuh secara sempurna akibatnya ukuran kristal menjadi besar.

Pengujian XRF menunjukkan bahwa kandungan terbesar

dari sampel adalah Fe dengan konsentrasi sebesar 95,36% sedangkan kandungan lain adalah Al, Si, P, K, Ca, Mn, Ni memiliki konsentrasi tidak lebih dari 1,5%. Pengukuran laju korosi komposit PANi- $TiO_2$  telah dilakukan dengan metode kehilangan massa [8], sehingga dapat dihitung laju korosi menggunakan persamaan dibawah ini.

$$\text{Laju korosi (mil per year)} = \frac{354 \times W_L}{\rho \times A \times T} \quad (1)$$

dengan  $W_L$  adalah massa yang hilang (mg),  $\rho$  = massa jenis logam ( $\text{gr/m}^3$ ),  $A$  = luas permukaan specimen ( $\text{inchi}^2$ ),  $T$  = waktu pencelupan (jam).

Hasil laju korosi yang terdapat dalam Tabel II menunjukkan bahwa laju korosi yang paling rendah terdapat pada komposit dengan kandungan  $TiO_2$  anatase. Walaupun  $TiO_2$  anatase memiliki ukuran kristal jauh lebih kecil dibandingkan dengan  $TiO_2$  rutile, ditinjau dari ketahanan korosi nya, anatase tidak tahan korosi dibandingkan rutile. Hal ini disebabkan dari sifat elektrokimia material. Anatase dengan ukuran kristal yang kecil menjadikannya memiliki banyak batas butir dimana terjadi perbedaan potensial kimia diantara butir tersebut. Perbedaan potensial kimia ini menyebabkan adanya katoda dan anoda yang menyebabkan salah satu faktor terjadinya korosi.

Konsentrasi pengisi yaitu  $TiO_2$  juga memberikan pengaruh besar, terlihat bahwa penambahan penambahan  $TiO_2$  dapat berdampak meningkatkan ketahanan korosi dan juga dapat menurunkan ketahanan korosi. Faktor lain penyebab terjadinya korosi adalah lingkungan. Lingkungan yang korosif akan mempercepat terjadinya proses korosi. Dalam penelitian ini digunakan media pengkorosif berupa larutan NaCl 3%, penggunaan larutan NaCl 3% dikondisikan sesuai dengan kadar garam dalam air laut. Kondisi lingkungan dibuat dengan 3(tiga) variasi yaitu statis, dinamis dan atmosferik. Pada tabel dibawah dapat terlihat bahwa laju korosi pada kondisi statis paling rendah setelah dinamis dan kemudian atmosferik. Kondisi lingkungan sangatlah berpengaruh terhadap cepat lambatnya laju korosi.

#### IV. SIMPULAN

1. Metode reaksi kimia telah berhasil dibuat PANi(HCl) dengan nilai konduktivitas 2,214 S/cm.
2. Metode kopresipitasi telah berhasil dibuat nano  $TiO_2$  (*anatase-rutile*) berfungsi sebagai pengisi. Ukuran kristal  $TiO_2$  (*anatase*) 3 nm, dan  $TiO_2$  (*rutile*) 98 nm.
3. Komposit PANi- $TiO_2$  dengan penambahan 10%wt  $TiO_2$ (*rutile*) memiliki ketahanan korosi yang lebih baik daripada pelapisan hanya menggunakan cat pada lingkungan atmosferik dan dinamis.
4. Komposit PANi- $TiO_2$  dengan penambahan 15%wt  $TiO_2$ (*anatase*) memiliki ketahanan korosi yang lebih baik daripada pelapisan hanya menggunakan cat pada lingkungan statis.

TABEL II: Laju korosi (mpy) pada pengujian saltspray chamber, pengujian statis, dan pengujian dinamis

Konsentrasi campuran	pengujian saltspray chamber		pengujian statis		pengujian dinamis	
	Anatase	Rutile	Anatase	Rutile	Anatase	Rutile
Cat			0,0214		0,0392	
Cat + 10%	0,377	0,138	0,0215	0,0058	0,0572	0,0218
Cat + 15%	0,389	0,318	0,0047	0,0047	0,0319	0,0275
Cat + 20%	0,435	0,273	0,0239	0,0266	0,0453	0,0788

[1] Van Vlack. L, *Ilmu Bahan dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam)*, (Edisi kelima, diterjemahkan oleh Sriati Djaprie, Jakarta. Erlangga, 1984).

[2] Irfa, RA., *Sintesis Polianilin Pengaruh Konsentrasi dan Jenis Asam Dopan terhadap Konduktivitas Listrik Polianilin*, Laporan Tugas Akhir Jurusan Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 1995.

[3] Pradhana. I Gusti Bagus Astu, *Sintesis Nano Polianilin-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Dan Karakterisasi Sifat Listrik Dan Magnetiknya*, Laporan Tugas Akhir Jurusan Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2009.

[4] Permana Andry, *Sintesis Bahan Nanokomposit Polianilin(Pani) - TiO<sub>2</sub> Dan Karakterisasinya Sebagai Pelapisan Tahan Korosi*, Laporan Tugas Akhir Jurusan Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2010.

[5] Sathiyarayanan. S., *Synthetic Metals*, **157**, 205-213 (2007).

[6] Castro, A.L, Nunes M.R, Carvalho A.P., *Solid State Science*, **10**, 205-213, (2008).

[7] Asrori. M. Z, *Fisika Polimer*, (Lecture note, Jurusan Fisika, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2000).

[8] Fontana Mars, *Corrosion Engineering*, (third edition. Mc Graw-Hill Book Company, Amerika, 1987).