

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTAR *SPIN COATING*  
TERHADAP EFEK PEMBEBANAN LAPISAN TIPIS  
POLIANILIN PADA SENSOR QCM**

**SKRIPSI**

**Oleh :  
MAULIDIAH  
145090300111018**



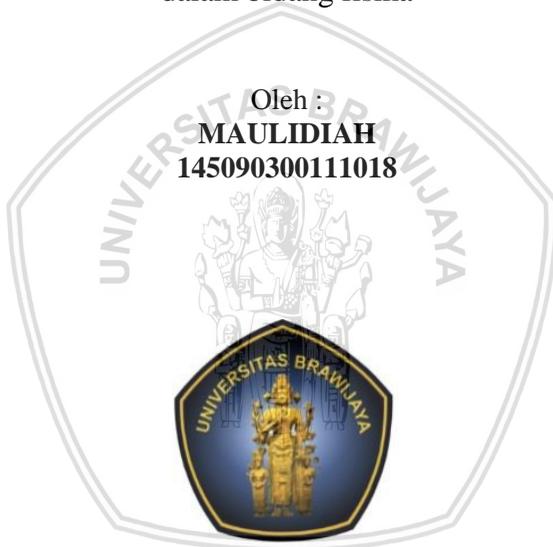
**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2018**



**PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTAR *SPIN COATING*  
TERHADAP EFEK PEMBEBANAN LAPISAN TIPIS  
POLIANILIN PADA SENSOR QCM**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
dalam bidang fisika



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2018**



**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTAR *SPIN COATING*  
TERHADAP EFEK PEMBEBANAN LAPISAN TIPIS  
POLIANILIN PADA SENSOR QCM**

**Oleh:**

**MAULIDIAH  
145090300111018**

**Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji  
pada tanggal .....  
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang fisika**

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**Dr. Eng. Masruroh, S.Si., M.Si   Dr.Ing.Setyawan P Sakti, M.Eng  
NIP. 197512312002122002   NIP. 19650825199021001**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika  
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**

**Prof. Dr.rer.nat. Muhammad Nurhuda  
NIP. 196409101990021001**





**LEMBAR PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

**Nama** : Maulidiah  
**NIM** : 145090300111018  
**Program Studi** : Fisika  
**Penulis skripsi berjudul** :

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTAR *SPIN COATING*  
TERHADAP EFEK PEMBEBANAN LAPISAN TIPIS  
POLIANILIN PADA SENSOR QCM**

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah benar-benar karya saya sendiri dan bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam Daftar Pustaka, semata-mata digunakan sebagai acuan atau referensi.
2. Apabila di kemudian hari ternyata Skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 5 Juli 2018  
Yang menyatakan,

(Maulidiah)  
NIM. 145090300111018



# PENGARUH VARIASI KECEPATAN PUTAR *SPIN COATING* TERHADAP EFEK PEMBEBANAN LAPISAN TIPIS POLIANILIN PADA SENSOR QCM

## ABSTRAK

Metode *spin coating* merupakan salah satu metode deposisi lapisan tipis pada suatu permukaan, parameter pada *spin coating* yaitu viskositas larutan, konsentrasi larutan dan kecepatan putar. Pada penelitian ini lapisan yang digunakan yaitu polianilin yang dideposisi pada permukaan QCM, dengan menggunakan variasi kecepatan putar *spin coating* 1000 rpm, 2000 rpm, 3000 rpm, dan 4000 rpm. Bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan putar terhadap morfologi lapisan tipis polianilin dan untuk mengetahui pengaruh kecepatan putar terhadap nilai impedansi lapisan tipis polianilin. Polianilin didapatkan dari hasil sintesis menggunakan metode polimerisasi oksidasi dengan doping HCl. Polianilin yang digunakan dalam bentuk serbuk dilarutkan dengan pelarut NMP (N-Methyl-2-Pyrrolidone) menggunakan konsentrasi 2%. Polianilin yang telah di deposisi pada QCM kemudian dikarakterisasi menggunakan mikroskop optik untuk mengetahui morfologi dari lapisan polianilin. Pada morfologi lapisan polianilin terjadi aglomerasi, sehingga terjadi pembebanan pada QCM yang menyebabkan penurunan nilai frekuensi yang besar dan besarnya nilai impedansi, karena Semakin tinggi kecepatan putar yang digunakan maka lapisan yang terbentuk akan semakin tipis, pada kecepatan 4000rpm didapatkan nilai impedansi yang kecil yaitu 33,375  $\Omega$ .

Kata kunci : Polianilin, NMP (N-Methyl-2-Pyrrolidone), morfologi, FTIR, impedansi



# THE EFFECT OF DIFFERENT ROTATIONAL SPEED OF SPIN COATING ON LOADING EFFECT OF POLYANILINE THIN FILM IN QCM SENSOR

## ABSTRACT

Spin coating is one method of deposition of a thin film on a surface, the parameters on the spin coating that is the viscosity of the solution, the concentration of the solution and the speed of rotation. In this research, polyaniline is used as the layer, which is coated on the surface of QCM using coating method variation of speed 1000 rpm, 2000 rpm, 3000 rpm and 4000 rpm, to study the effect of different rotational speed of spin coating on morphology and impedance of the polyaniline thin film. The synthesis of polyaniline used an oxidation polymerization process with HCl doping. The polyaniline is in the form of a powder dissolved in an NMP (N-methyl-2-pyrrolidone) solvent at a concentration of 2%. The polyaniline that has coated on QCM is characterized using an optical microscope to determine the morphology of the polyaniline. Agglomeration occurs in the morphology of the polyaniline on QCM, resulting in a loading in QCM that causes large frequency and high impedance. The experimental result shows that the thin film thickness decreases along with the increasing of the rotational speed of spin coating. At rotational speed of spin coating 4000 rpm, the impedance of the thin film is 33,375  $\Omega$ ,

Keywords: Polyaniline, NMP (N-methyl-2-pyrrolidone), morphology, FTIR, impedance





## KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang selalu melimpahkan nikmat dan karunia yang tidak pernah putus kepada setiap hamba-Nya. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan Nabi kita Rasulullah SAW. Atas limpahan rahmat dan karuniah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Kecepatan Putar *Spin Coating* terhadap Efek Pembebanan Lapisan Tipis Polianilin pada Sensor QCM”** sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains dalam bidang Fisika.

Dalam naskah skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak oleh karena itu, ucapan terima kasih dan rasa hormat kepada :

1. Kedua orang tuaku serta adik untuk semua doa dan dukungan baik moral atau material yang diberi dari mulai awal kuliah hingga pelaksanaan skripsi.
2. Keluarga besar yang senantiasa mendoakan dan memberi dukungan material.
3. Prof. Dr.rer.nat. M. Nurhuda, selaku ketua jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya yang telah mencurahkan segenap waktu dan pemikiran untuk Jurusan Fisika.
4. Ibu DR. Eng. Masruroh, S.Si, M.Si, dan bapak Dr.Ing. Setyawan Purnomo Sakti, M.Eng, selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan arahan, bimbingan dan masukan sehingga skripsi ini tersusun dengan baik.
5. Ibu Nugrahani Primary Putri, S.Si, M.Si, yang telah memberikan arahan dalam penelitian.
6. Keluarga besar Jurusan Fisika, Dosen-dosen, Staff Tata Usaha, Ketua Laboratorium dan para Laboran, yang telah memfasilitasi semua yang penulis butuhkan selama pelaksanaan Skripsi.
7. Ermitha Yulisetiana, Desy Widya, Rani Putri Lavinia, Heraniawati dan M. Adib Abdillah sebagai teman seperjuangan selama proses pelaksanaan tugas akhir.
8. Abdul Hamid Mujib, Dwi Aprilia M, Erlinda Zuli M dan Nur Khairati yang selalu memberikan dukungan.

- repository.ub.ac.id
9. Teman-teman Fisika angkatan 2014 yang telah memberikan semangat
  10. Mbak Arin, mbak Tyas, mas Dika, Mas Somat, dan mas Ridha yang telah memberikan arahan dalam penelitian dan penggunaan alat

Penulis menyadari bahwa naskah skripsi ini jauh dari kata sempurna, masih banyak kekurangan-kekurangan yang harus diperbaiki. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik. Semoga naskah skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan semoga kita selalu mendapat Rahmat dan Hidayah dari Allah SWT. Amin.

Malang, 5 Juli 2018

Penulis



**DAFTAR ISI**

<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 <i>Quartz Crystal Microbalance</i> (QCM).....	5
2.2 Polianilin.....	6
2.3 N-Methyl-2-Pyrrolidone .....	7
2.4 <i>Spin Coating</i> .....	8
2.5 Pembebanan QCM dengan Parameter Impedansi.....	10
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>11</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	11
3.2 Alat dan Bahan.....	11

3.3 Tahapan Penelitian .....	11
3.3.1 Persiapan Alat.....	11
3.3.2 Persiapan Pembuatan PANi.....	12
3.3.3 Pembuatan Larutan .....	12
3.3.4 Pengukuran Impedansi QCM menggunakan <i>Impedance Analyzer</i> .....	13
3.3.5 Pelapisan Sampel Pada QCM.....	13
3.3.7 Pengukuran Permukaan Lapisan Tipis dengan Mikroskop Optik .....	14
3.4 Diagram Alir .....	14
3.4.1 Tahapan Penelitian .....	14
3.4.2 Proses Polimerisasi Oksidasi Polianilin .....	16
3.4.3 Proses Deposisi Lapisan tipis Pada QCM .....	18
3.4.4 Perlakuan QCM Setelah di Deposisi .....	19
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>21</b>
4.1 Karakterisasi Gugus Fungsi Polianilin menggunakan FTIR .....	21
4.2 Pengaruh Kecepatan Putar terhadap Morfologi permukaan .....	23
4.3 Pengaruh Kecepatan putar terhadap Impedansi .....	25
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>33</b>
5.1 Kesimpulan .....	33
5.2 Saran.....	33
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>35</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>37</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Reaksi protonasi-deprotonasi polianilin .....	6
Gambar 2.2 Struktur kimia N-Methyl-2-Pyrrolidone.....	8
Gambar 2.3 Proses <i>spin coating</i> .....	9
Gambar 2.4 Ilustrasi QCM dengan elektroda pada setiap permukaan.....	10
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian .....	15
Gambar 3.2 Diagram alir polimerisasi oksidasi .....	17
Gambar 3.3 Diagram alir deposisi lapisan tipis polianilin .....	18
Gambar 3.4 Diagram alir perlakuan QCM setelah di deposisi.....	19
Gambar 4.1 Grafikpektra transmitansi FTIR polianilin .....	21
Gambar 4.2 Grafikpektra transmitansi FTIR polianilin dengan NMP (N-methyl-2-pirrolidone) .....	23
Gambar 4.3 (a) morfologi pada kecepatan 1000 rpm. (b) morfologi pada kecepatan 2000 rpm. (c) morfologi pada kecepatan 3000 rpm. (d) morfologi pada kecepatan 4000 rpm. ....	24
Gambar 4.4 Grafik variasi kecepatan putar <i>Spin coating</i> terhadap nilai impedansi lapisan tipis Polianin .....	26
Gambar 4.5 Grafik pengukuran impedansi sebelum deposisi .....	27
Gambar 4.6 Grafik pengukuran Impedansi terkecil setelah deposisi .....	28
Gambar 4.7 Grafik pengukuran Impedansi terbesar setelah deposisi .....	29



Gambar 4.8 Grafik Hubungan antara Frekuensi dan Impedansi ..... 30

Gambar 4.9 Grafik Nilai Frekuensi Lapisan Polianilin pada Kecepatan Putar 4000rpm ..... 31



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Pencocokan vibrasi gugus molekul polianilin ..... 22





## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Karakterisasi mikroskop optik .....	37
Lampiran A.1	Karakterisasi mikroskop optik pada kecepatan putar 1000 rpm .....	37
Lampiran A.2	Karakterisasi mikroskop optik pada kecepatan putar 2000 rpm .....	38
Lampiran A.3	Karakterisasi mikroskop optik pada kecepatan putar 3000 rpm .....	39
Lampiran A.4	Karakterisasi mikroskop optik pada kecepatan putar 4000 rpm .....	40
Lampiran B	Data impedansi .....	41
Lampiran B.1	Data impedansi pada kecepatan putar 1000 rpm..	41
Lampiran B.2	Data impedansi pada kecepatan putar 2000 rpm..	41
Lampiran B.3	Data impedansi pada kecepatan putar 3000 rpm..	42
Lampiran B.4	Data impedansi pada kecepatan putar 4000 rpm..	42
Lampiran C	Hasil pengukuran impedansi .....	43
Lampiran D	Data perubahan frekuensi.....	45
Lampiran D.1	Data perubahan frekuensi pada kecepatan 1000 rpm .....	45
Lampiran D.2	Data perubahan frekuensi pada kecepatan putar 2000 rpm .....	45
Lampiran D.3	Data perubahan frekuensi pada kecepatan putar 3000 rpm .....	46
Lampiran D.4	Data perubahan frekuensi pada kecepatan putar 4000 rpm .....	46



Lampiran E Grafik frekuensi ..... 47

Lampiran E.1 Grafik Perubahan frekuensi sebelum dan setelah deposisi pada kecepatan putar 1000 rpm..... 47

Lampiran E.2 Grafik perubahan frekuensi sebelum dan setelah deposisi pada kecepatan putar 2000 rpm..... 48

Lampiran E.3 Grafik perubahan frekuensi sebelum dan setelah deposisi pada kecepatan putar 3000 rpm..... 50

Lampiran E.4 Grafik perubahan frekuensi sebelum dan setelah deposisi pada kecepatan putar 4000 rpm..... 51

Lampiran F Gambar alat ..... 53



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring kemajuan teknologi, dewasa ini teknologi dalam bidang material juga berkembang sangat pesat. Salah satu teknologi yang berkembang yaitu penelitian tentang lapisan tipis. Teknologi ini banyak digunakan untuk aplikasi dalam kehidupan manusia yaitu dalam bidang kesehatan, industri dan lain sebagainya. Sehingga teknologi lapisan tipis dapat diaplikasikan sebagai bahan sensor.

Salah satu teknologi lapisan tipis yang berkembang saat ini yaitu teknologi lapisan tipis yang di aplikasikan sebagai bahan biosensor. Sensor dibutuhkan untuk dapat bekerja dengan cepat setiap saat secara sensitif dan spesifik. Sejumlah penelitian telah banyak dilakukan salah satunya yaitu dengan menggunakan *Quartz Crystal Microbalance (QCM)* sebagai biosensor. QCM merupakan suatu perangkat sensor yang berbasis kuarsa “Quartz” dengan memanfaatkan sifat *piezoelektrik* yang mengukur kepadatan massa dalam suatu daerah tertentu (mass per units) dengan tingkat sensitivitas mencapai satuan  $\text{ng/cm}^2$  (Johannsmann, 2015).

Sensor VOC memiliki banyak peranan dalam bidang kehidupan, misalnya dibidang industri dan bidang penelitian. Salah satu instrument yang dapat diaplikasikan sebagai sensor gas aroma adalah QCM. QCM dapat digunakan untuk mendeteksi sejumlah *volatile aromatic*, dengan diberi lapisan sensitive pada permukaan QCM, sehingga mampu mendeteksi VOC (Fallis, 2013).

Umumnya penelitian mengenai pelapisan pada kristal kuarsa dengan digunakan teknik *spin coating* dan *spray coating*. *Spin coating* dibuat menggunakan motor DC untuk proses pelapisan. Lapisan tipis sangat dipengaruhi oleh ketebalan karena ketebalan akan mempengaruhi kualitas kristal, ketika ketebalan berbeda, maka akan menghasilkan kualitas kristal yang berbeda. Ketebalan lapisan tipis ditentukan oleh kecepatan putar yang merupakan salah satu faktor terpenting dalam proses *spin coating*. Secara lebih spesifik laju kecepatan putar yang tinggi menentukan morfologi, serta ketebalan lapisan yang terbentuk dan kecepatan putar dapat mempengaruhi tebal tipisnya lapisan (Purwanto, 2013).

Penelitian ini dilakukan pelapisan QCM dengan metode *Spin coating*, *spin coating* dilakukan dengan cara deposisi larutan kimia diatas substrat, kemudian diputar dengan kecepatan tertentu, kecepatan putar pada *spin coating* berpengaruh terhadap kualitas kristal dari material. Peningkatan kecepatan putar (rpm) *spin coating* umumnya mengakibatkan degradasi pada pembentukan lapisan tipis. Semakin cepat putaran akan diperoleh lapisan tipis yang semakin homogen dan tipis.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumuan pokok-pokok masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana pengaruh kecepatan putar terhadap morfologi permukaan lapisan tipis polianilin?
- b. Bagaimana pengaruh kecepatan putar terhadap nilai impedansi lapisan tipis polianilin?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Untuk mengetahui pengaruh kecepatan putar terhadap morfologi permukaan lapisan tipis polianilin.
- b. Untuk mengetahui pengaruh waktu putar terhadap nilai impedansi lapisan tipis polianilin.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah :

- a. Memahami pengaruh kecepatan putar terhadap morfologi permukaan lapisan tipis polianilin.
- b. Memahami pengaruh kecepatan putar terhadap nilai impedansi lapisan polianilin.

## 1.5 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah dalam penelitian yaitu :

- a. Pelarut yang digunakan yaitu N-Methyl-2-Pirrolidone.
- b. Konsentrasi pelarut yang digunakan yaitu 2%.
- c. Waktu yang digunakan dalam pelapisan masing-masing 60 detik.
- d. Variasi kecepatan putar yang digunakan yaitu 1000 rpm, 2000 rpm, 3000 rpm, dan 4000 rpm.





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Quartz Crystal Microbalance (QCM)*

*Quartz Crystal Microbalance (QCM)* merupakan salah satu sensor yang dapat mengukur massa per unit area dengan cara mengukur perubahan frekuensi pada resonator kristal kuarsa. QCM terbuat dari bahan kristal kuarsa atau silikon oksida ( $\text{SiO}_2$ ) yang memiliki ketahanan terhadap temperatur tinggi dan tidak larut dalam air dengan tidak menghilangkan sifat piezoelektriknya. Faktor – faktor yang mempengaruhi frekuensi resonansi antara lain yaitu ketebalan lapisan pada QCM, densitas kuarsa, penambahan massa yang terdeposisi. Frekuensi resonansi QCM berkurang apabila terdapat penambahan massa yang terdeposisi diatas permukaan QCM. Selektivitas sensor QCM dapat dipengaruhi oleh bahan sensitif yang dilapiskan pada permukaan QCM, sedangkan sensitivitasnya dipengaruhi oleh ketebalan lapisan tersebut (Jaruwongrungeee, 2009).

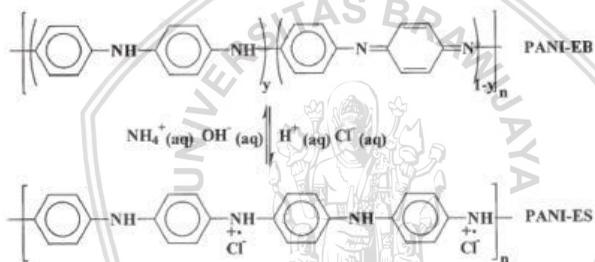
QCM memiliki sensitifitas yang tinggi untuk mendeteksi target yang di deposisi pada permukaan QCM, sehingga didapatkan perubahan nilai frekuensi resonansi. Pada pengaplikasiannya, QCM dapat digunakan untuk menganalisis dan mengukur target analit pada fase gas dan cairan, nilai frekuensi resonansinya tergantung pada susunan kimia, ukuran, bentuk, dan massa (Chunta, Promptmas, & Cherdchu, 2009).

QCM merupakan bagian kristal yang tipis diletakkan diantara sepasang elektroda. Ketika energi listrik diaplikasikan pada sepasang elektroda diantara kristal kuarsa maka gaya mekanik akan dihasilkan oleh efek piezoelektrik dan mengalami deformasi geser. Pada deformasi geser, menghasilkan gelombang akustik yang merambat di kristal dengan arah yang tegak lurus dengan permukaan kristal (Ferreira, da-Silva, & Tomé, 2009). Efek deformasi geser piezoelektrik menyebabkan kristal kuarsa akan beresonansi pada frekuensi alami dengan umpan balik positif yang melakui rangkaian osilator. Frekuensi osilasi bergantung dari cara memotong, kondisi temperatur, tekanan, dan kelembaman. Frekuensi sensor QCM berubah ketika adanya efek penambahan massa yang disebabkan karena viskositas cairan dan kerapatan material pada permukaan

sensor. Jika salah satu permukaan sensor memiliki kontak dengan permukaan cairan, maka terjadi perubahan frekuensi yang disebabkan oleh perubahan massa dan diakibatkan adanya interaksi fisik dan kimia (Johannsmann, 2015).

## 2.2 Polianilin

Polianilin merupakan molekul besar yang dibangun oleh pengulangan kesatuan kimia kecil dan sederhana yang disebut monomer anilin ( $C_6H_5NH_2$ ) yang berikatan kovalen penggabungan monomer monomer anilin akan membentuk cincin-cincin benzoid (B) dan kuinoid (Q) yang dihubungkan satu dengan yang lainnya oleh atom nitrogen (N) melalui ikatan imin (Kusumawati, Setyarsih, & Putri, 2008).



**Gambar 2. 1** Reaksi protonasi-deprotonasi polianilin

Polianilin dapat mengalami perubahan listrik dan optik yang dapat balik (*reversible*) melalui reaksi redoks dan dopping dedopping atau protonasi deprotonasi. Berdasarkan tingkat oksidasinya, polianilin dapat disintesis dalam bentuk isolatifnya yaitu *leukomeraldin base* (LB) yang tereduksi penuh, *emeraldine base* (EB) yang teroksidasi setengah, dan *pernigranilin base* (PB) yang teroksidasi penuh. Bentuk EB dapat dibuat konduktif dengan asam protonik seperti HCl. Bentuk konduktif dari EB disebut *emeraldine salt* (ES). Bentuk dasar EB berubah menjadi ES melalui asam protonik seperti HCl, sebaliknya bentuk ES dapat dikembalikan menjadi bentuk (EB) melalui reaksi reduksi dengan agen reduktan seperti  $NH_4OH$  seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2. EB memiliki sifat isolatif dan ES memiliki sifat konduktif. Polianilin

(PANi) adalah polimer konduktif yang memiliki ikatan rantai terkonjugasi (Maddu, Wahyudi, & Kurniatins, 2008).

Polianilin diperoleh dari proses polimerisasi anilin, polimerisasi yang dilakukan yaitu melalui polimerisasi oksidasi. Polimerisasi oksidasi yaitu dengan merekasikan anilin dengan ammonium peroksid asulfat (APS) pada larutan asam dan diperoleh dalam bentuk endapan. Dasar dari sintesis polianilin yaitu pencampuran dalam larutan aquades, antara asam, anilin dan oksidator. Polimerisasi anilin diiringi dengan meningkatnya temperatur reaksi yang berlanjut pada penurunan kembali temperatur reaksi. Proses polimerisasi anilin melibatkan tahapan inisiasi, propagasi dan terminasi.

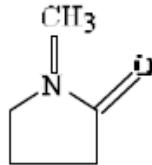
Polimerisasi anilin lebih efektif dilakukan pada medium asam, dengan mengubah anilin menjadi bentuk kation. Berdasarkan penelitian terdahulu, polimerisasi diindikasikan melalui mekanisme oksidasi kationik.

Polianilin memiliki beberapa keunggulan dibandingkan polimer konduktif lainnya. Polianilin kaya akan aspek ilmiah dan luas potensi aplikasinya seperti baterai sekunder, sensor, LED dan pada bidang optoelektronik lainnya. Ditinjau dari aspek kestabilan di udara bahan polimer konduktif dari polianilin memiliki ke stabilan yang paling baik diantara bahan polimer yang selama ini di kenal. Polianilin dapat disintesis secara elektrokimia yang menghasilkan produk dalam bentuk film atau dapat menghasilnya polianilin dalam bentuk bubuk. Metode galvanostatik yang merupakan salah satu metode elektropolimerisasi, dimana proses doping terjadi bersamaan dengan polimerisasi. Selain itu sifat polianilin juga dipengaruhi oleh parameter sintesis seperti jenis dopan, konsentrasi monomer anilin, konsentrasi yang digunakan, lama waktu yang digunakan, arus yang digunakan dan tegangan polimerisasi. Pada parameter sintesis yang optimum akan diperoleh polianilin dengan nilai konduktivitas listrik yang maksimum (Stejskal & Gilbert, 2002).

### 2.3 N-Methyl-2-Pyrrolidone

N-Methyl-2-Pyrrolidone adalah pelarut organik yang dapat larut dalam air. NMP cairan yang tidak berwarna dengan bau amina yang ringan. NMP merupakan senyawa polar dengan stabilitas tinggi, tetapi sulit untuk teroksidasi oleh udara. NMP bersifat

higroskopis. Memiliki nilai massa molekul relatif yaitu 99,13. Nilai massa jenis yaitu  $1,028 \text{ g/cm}^3$ . Nilai titik lebur yaitu  $23^\circ\text{C}$  sampai  $24,4^\circ\text{C}$ . Nilai titik didih yaitu  $202^\circ\text{C}$  pada  $101,3 \text{ Pa}$ . Memiliki nilai tekanan uap yaitu  $39 \text{ Pa}$  pada  $20^\circ\text{C}$  dan  $45 \text{ Pa}$  pada  $25^\circ\text{C}$  (Geneva, 2001).



**Gambar 2. 2** Struktur Kimia N-Methyl-2-Pyrrolidone

#### 2.4 Spin Coating

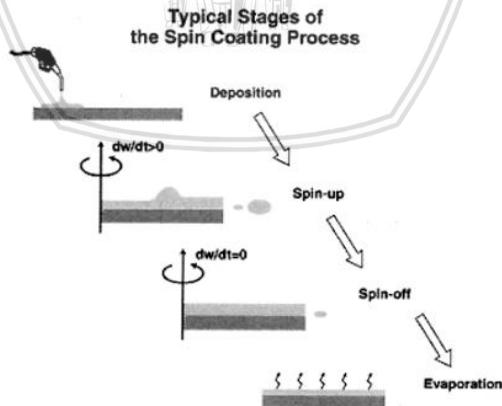
Spin Coating merupakan suatu metode yang digunakan untuk mendeposisi lapisan tipis dengan cara menyebarkan larutan ke atas substrat kemudian diputar dengan kecepatan tertentu agar dapat diperoleh endapan lapisan tipis di atas substrat. Metode ini sudah sering digunakan karena dapat menghasilkan lapisan tipis yang memiliki ketebalan homogen pada orde mikrometer hingga nanometer. *Spin coating* didasarkan pada asumsi bahwa aliran larutan berada dalam keadaan stabil ketika gaya sentrifugal dan gaya viskositas seimbang.

Proses spin coating memiliki beberapa parameter antara lain viskositas larutan, konsentrasi larutan, volume larutan, ketebalan lapisan akhir, waktu putar, dan kecepatan putaran akhir ( $\omega$ ). Tetapi faktor yang paling mempengaruhi pembentukan lapisan yaitu viskositas larutan dan kecepatan putar (Sahu, Parija, & Panigrahi, 2009). Selain parameter tersebut terdapat faktor lain yang dapat mempengaruhi pembentukan lapisan tipis yaitu *repeatability* atau perulangan saat melakukan pelapisan. Variasi ketebalan saat melakukan pelapisan pada proses *spin coating* dapat menghasilkan variasi yang drastis pada film yang sedang dilapisi.

Terdapat 4 tahapan proses spin coating sesuai yang ditunjukkan pada gambar 2.3. Tahapan tersebut terdiri dari deposisi,

spin up, spin off, dan tahap evaporasi yang menentukan ketebalan akhir dari lapisan.

- a. Deposisi merupakan proses penetasan cairan, dimana cairan dideposisikan atau ditetaskan di atas substrat. Viskositas substrat yang tinggi memerlukan tetesan substrat yang lebih besar untuk memastikan bahwa seluruh substrat berada pada kecepatan rendah. Kecepatan yang biasanya digunakan pada tahapan ini sekitar 500rpm.
- b. Tahap spin up dilakukan dengan kecepatan final. Ciri-ciri dari fase ini yaitu, larutan yang di tetaskan mulai menyebar pada permukaan target sebagai akibat dari adanya gaya sentrifugal.
- c. Tahap spin off merupakan fase dimulainya ketika target berputar dengan kecepatan konstan. Proses utama pada tahap ini berupa penurunan ketebalan lapisan dari larutan yang ditetaskan. Sehingga akan diperoleh ketebalan yang seragam (homogen).
- d. Evaporasi merupakan tahapan yang paling berpengaruh dalam menentukan ketebalan lapisan tipis, ketika tahap spin-off berakhir, maka akan terjadi proses penguapan pelarut. Sehingga pada permukaan substrat akan terbentuk lapisan dengan komposisi hanya berupa zat terlarut dari larutan yang ditetaskan sebelumnya (Sahu et al., 2009).

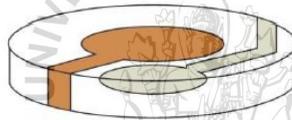


**Gambar 2. 3** Proses spin coating (Sahu et al., 2009)

## 2.5 Pembebanan QCM dengan Parameter Impedansi

Bahan viskoelastis ditandai dengan perilaku visko dan elastis. Perilaku bahan material menurut sifat viskoelastisnya. Bahan viskoelastis terbagi menjadi beberapa bentuk yaitu rigid, peralihan, elastis. Pada bentuk rigid memiliki nilai kekakuan yang maksimum dan level redaman yang bernilai kecil sedangkan bentuk peralihan yaitu daerah peralihan dari bahan rigid ke elastis. Pada bentuk peralihan bahan viskoelastis mengalami perubahan kekakuan dan mengalami efek redaman yang cukup besar. Bentuk elastis memiliki nilai kekakuan yang sangat kecil dan redaman yang sangat besar (Macioce, 2003).

Sensor QCM terbuat dari bahan piezoelektrik yang berbentuk piringan bundar, pada masing-masing permukaan terdapat elektroda seperti terlihat pada gambar 2.4. Dengan mengetahui nilai impedansi pada QCM dapat mendeskripsikan pembebanan pada sensor QCM (Ferreira, 2009).



**Gambar 2.4** Ilustrasi QCM dengan elektroda pada setiap permukaan (Kanazawa & Cho, 2009)

Impedansi merupakan rasio antara tegangan dan arus yang mengalir pada kristal. Besarnya nilai impedansi merupakan pengukuran dari redaman sinyal, impedansi pada sebuah sensor bergantung pada frekuensi sinyal yang dikenakan pada sensor. QCM yang dideposisi PANI dapat digunakan sebagai sensor apabila massa lapisan yang terdeposisi tidak memberikan efek yang viskoelastik namun memberikan sifat rigid pada QCM. Ketika lapisan yang terdeposisi memberikan efek viskoelastik maka getaran yang terjadi pada QCM akan teredam. Hal ini dikarenakan bahan material yang sifatnya viskoelastik akan kembali ke bentuk semula ketika diberi tekanan atau gaya yang merubah deformasi fisisnya. (Ferreira et al., 2009).

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan November 2017 sampai dengan bulan Mei 2018. Penelitian ini dilakukan di beberapa tempat yaitu Laboratorium Material Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya, Laboratorium Plasma Jurusan Fisika dan Laboratorium Sensor Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

### 3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Botol Sampel, Corong, Neraca Digital, *Impedance Analyzer*, Pipet Tetes, *Spin Coater*, Oven, Gelas Ukur, Gelas kimia, Spatula, Kertas Saring, Cawan Petri, FTIR, Mikroskop Optik, dan *magnetic stirrer*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, *Quartz Crystall Microbalance* (QCM), Aquades, Monomer Anilin Pro Analisis (PA), Aseton Pro Analisis (PA), APS Pro Analisis (PA), HCL Pro Analisis (PA), N-Methyl-2-Pyrrolidone (NMP) dan aluminium foil.

### 3.3 Tahapan Penelitian

#### 3.3.1 Persiapan Alat

Sebelum melakukan penelitian, langkah – langkah yang perlu dilakukan adalah menyiapkan alat – alat yang akan digunakan. Pada Peralatan yang digunakan memiliki fungsi masing – masing yaitu gelas ukur digunakan untuk mengukur banyaknya larutan. Botol sampel digunakan sebagai tempat serbuk polianilin. Neraca digital digunakan sebagai alat bantu untuk mengukur berat APS padat. Spatula digunakan untuk mengaduk larutan agar larutan menjadi homogen. Corong digunakan untuk menyaring larutan, agar dihasilkan serbuk yang melekat di kertas saring. Oven digunakan untuk mengeringkan serbuk polianilin. Pipet tetes digunakan sebagai alat bantu untuk meneteskan larutan. *Impedance analyzer* digunakan untuk mengetahui nilai impedansi dari QCM sehingga diketahui sifat viskoelastisnya. *Spin Coating* merupakan alat yang digunakan untuk

melapiskan polianilin diatas permukaan QCM. Karakterisasi sampel menggunakan uji FTIR.

### 3.3.2 Persiapan Pembuatan PANI

Bahan yang digunakan untuk deposisi permukaan QCM dalam penelitian ini adalah Polianilin. Pada penelitian ini akan disintesis polianilin sebagai bahan dasar pembuatan komposit Polianilin. Polianilin yang digunakan dalam bentuk serbuk, untuk dihasilkan polianilin dalam bentuk serbuk diperoleh dengan cara mensintesis anilin menggunakan metode polimerisasi oksidasi dengan menggunakan doping HCL. Langkah langkah untuk mensintesis polianilin adalah membuat 50ml larutan HCl 2 M dan disiapkan anilin (PA) 1,82 ml di gelas ukur kemudian mencampurkan larutan HCl 2 M dengan anilin 1,82 ml Anilin (PA) kedalam gelas kimia dan dibiarkan selama 1 jam, secara bersamaan disiapkan 50 ml aquades di gelas ukur dan APS 5,71 gram dengan ditimbang menggunakan neraca digital. Setelah itu mencampurkan 5,71 gram APS dengan 50 ml aquades ke dalam gelas kimia dan dibiarkan selama 1 jam. Setelah dibiarkan 1 jam, larutan APS dengan 50 ml aquades dicampurkan dengan larutan HCl 2 M dan anilin yang telah dibiarkan selama 1 jam kemudian dimasukkan ke gelas kimia, dan diaduk menggunakan *magnetic stirer* selama 1 jam dengan kecepatan 1500 rpm sampai warna larutan berwarna ungu sehingga terbentuk *emeraldine base*. Setelah larutan terbentuk *emeraldine base* larutan dicuci dan disaring menggunakan 100ml HCL 0,2 M dan dicuci lagi menggunakan Aseton (PA) 50 ml kemudian disaring menggunakan kertas saring. Setelah endapan polianilin yang didapatkan dari hasil penyaringan dikeringkan dengan oven selama 5 jam dengan suhu 60°C. Ketika proses pengeringan selesai, diperoleh serbuk polianilin yang siap untuk dikarakterisasi menggunakan uji FTIR dan di deposisi dengan metode spin coating.

### 3.3.3 Pembuatan Larutan

Dalam penelitian ini digunakan pelarut NMP . Konsentrasi yang digunakan adalah 2%. Diketahui rumus untuk konsentrasi adalah sebagai berikut

$$\text{Konsentrasi} = \frac{\text{massa zat terlarut (gr)}}{\text{volume larutan (ml)}} \times \frac{1}{\rho_{\text{polianilin}}} \times 100 \%$$

Berdasarkan rumus diatas didapatkan massa zat terlarut dan volume larutan untuk setiap konsentrasi. Massa jenis PANi sebesar  $1,44 \text{ g/cm}^3$ . Pada konsentrasi 2% sebesar  $0,133 \text{ gr}$ .

### 3.3.4 Pengukuran Impedansi QCM menggunakan Impedance Analyzer

Pengukuran pembebanan pada QCM dilakukan dengan menggunakan alat impedance analyzer bode 100 dari omicron. *Impedance Analyzer* digunakan untuk menganalisis sifat viskoelastik dari lapisan polianilin agar diketahui terjadinya pembebanan atau tidak. Pengukuran dilakukan pada QCM sebelum deposisi dan setelah deposisi. Pengukuran dilakukan diawali dengan penentuan kalibrasi alat dengan frekuensi 10MHz, karena QCM yang digunakan memiliki frekuensi 10MHz. QCM dijepitkan pada probe dan dilakukan pengukuran. Sehingga didapatkan nilai impedansi dan perubahan frekuensi.

### 3.3.5 Pelapisan Sampel Pada QCM

Pelapisan sampel pada QCM menggunakan metode spin coating yaitu dengan melapiskan NMP (N-Methyl-2-pyrrolidone). QCM dimasukkan ke dalam spin coating, kemudian diatur waktu putar pertama yaitu 5 detik dan waktu putar keduanya 60 detik, serta diatur kecepatan putar pertama yaitu 500 rpm dan kecepatan kedua berdasarkan variasi kecepatan putar, variasi kecepatan putar yang digunakan yaitu 1000 rpm, 2000 rpm, 3000 rpm, dan 4000 rpm. Selanjutnya, di teteskan larutan polianilin dibagian tengah elektroda QCM sebanyak  $50 \mu\text{L}$  menggunakan mikropipet tepat pada saat spin coating berputar pada kecepatan kedua. Pelapisan dilakukan pada satu sisi permukaan QCM. QCM yang telah dideposisi dengan polianilin dimasukkan kedalam oven selama 6 menit dengan suhu  $100^\circ\text{C}$ . Hal ini dilakukan untuk menghilangkan uap air dan pelarut. Pemilihan suhu  $100^\circ\text{C}$  karena titik leleh dari polianilin  $116^\circ\text{C}$ .

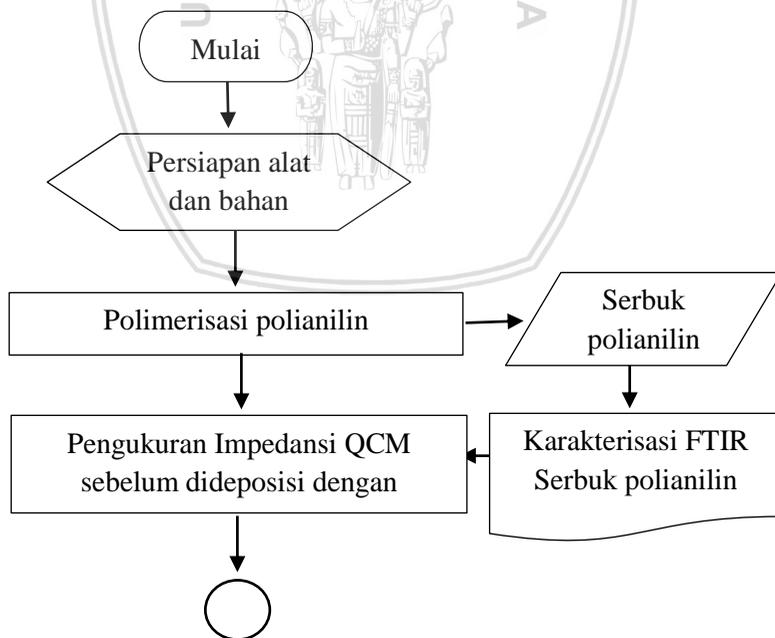
### 3.3.7 Pengukuran Permukaan Lapisan Tipis dengan Mikroskop Optik

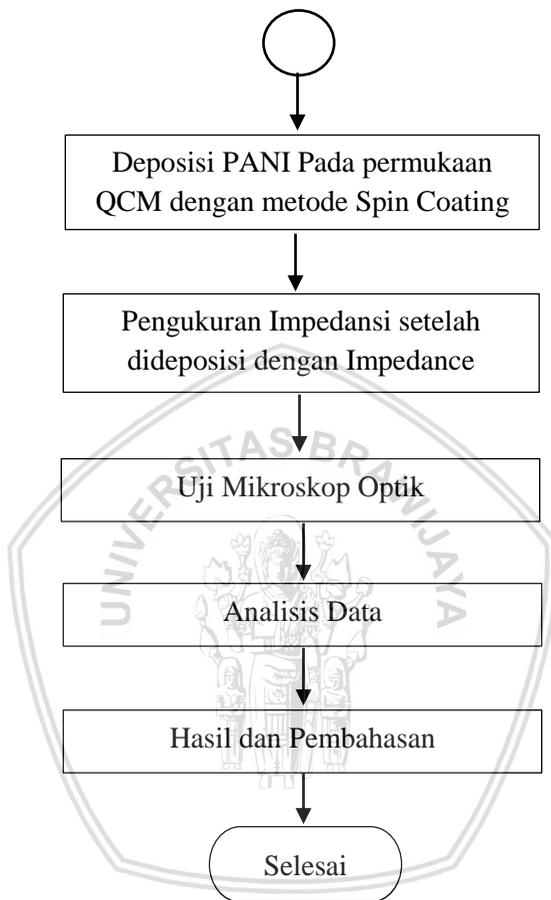
Karakterisasi lapisan dengan mikroskop optik dilakukan agar dapat mengetahui bagaimana keadaan lapisan tipis yang terbentuk dan dapat mengetahui morfologi dari lapisan tipis yang akan digunakan. Perbesaran yang digunakan pada mikroskop Olympus yaitu 100x. Perbesaran 100x digunakan untuk mengetahui struktur lapisan yang lebih luas. Sampel diletakkan dimeja objek dan diamati dengan perbesaran yang telah ditentukan. Kemudian diatur dengan pemutar kasar dan pemutar halus. Pengambilan gambar dilakukan pada 5 titik yang berbeda.

## 3.4 Diagram Alir

### 3.4.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan. Tahapan proses penelitian ditunjukkan oleh diagram alir pada Gambar 3.1.

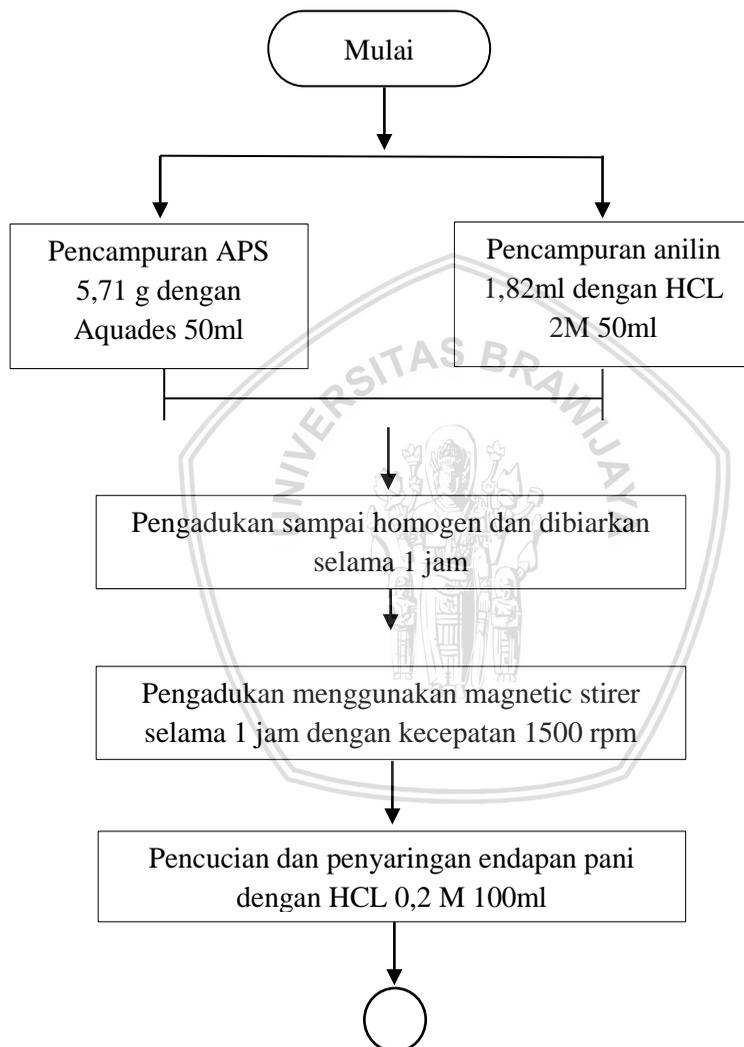


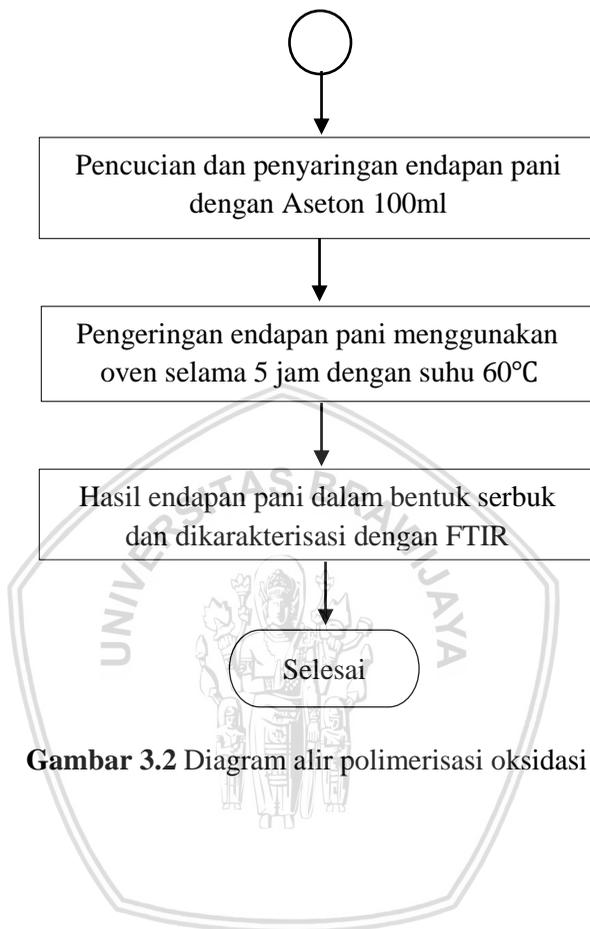


**Gambar 3.1** Diagram alir penelitian

### 3.4.2 Proses Polimerisasi Oksidasi Polianilin

Proses polimerisasi oksidasi polianilin ditunjukkan oleh diagram alir pada Gambar 3.2.

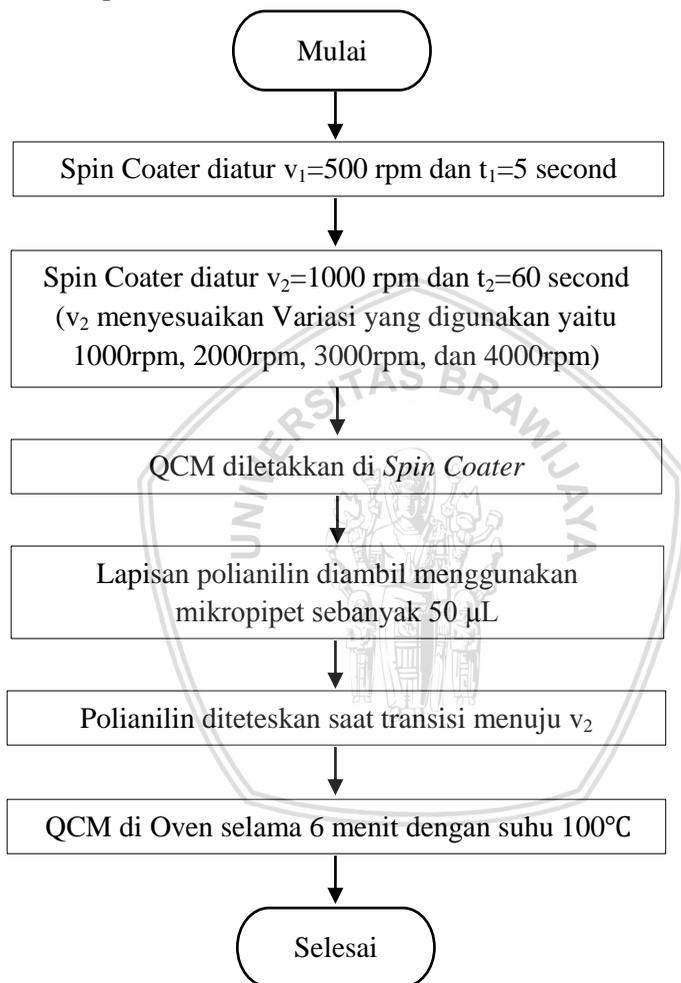




**Gambar 3.2** Diagram alir polimerisasi oksidasi

### 3.4.3 Proses Deposisi Lapisan tipis Pada QCM

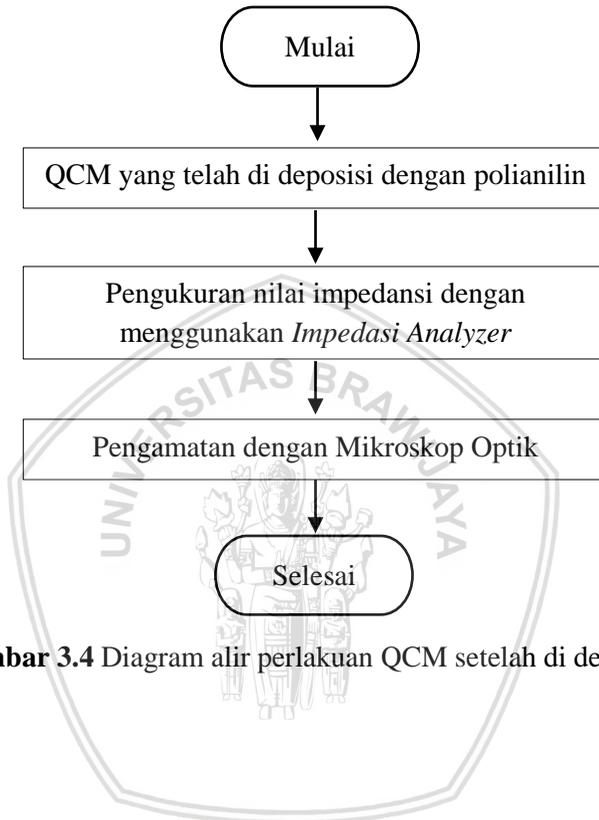
Proses deposisi lapisan tipis pada QCM ditunjukkan oleh diagram alir pada Gambar 3.3.



**Gambar 3.3** Diagram alir deposisi lapisan tipis polianilin

### 3.4.4 Perlakuan QCM Setelah di Deposisi

Perlakuan pada QCM setelah dideposisi ditunjukkan oleh diagram alir pada Gambar 3.4.



**Gambar 3.4** Diagram alir perlakuan QCM setelah di deposisi

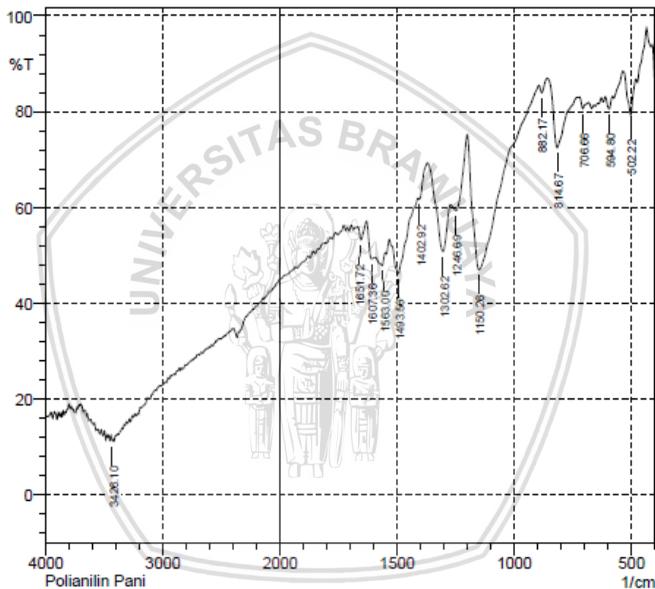


(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Karakterisasi Gugus Fungsi Polianilin menggunakan FTIR

Uji Spektroskopi FTIR dilakukan untuk analisis berdasarkan pengukuran intensitas infra merah terhadap panjang gelombang. Korelasi antara posisi serapan panjang gelombang dengan struktur kimia digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi sampel. Dari pengujian didapat grafik transmitansi pada gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Grafik pektra transmitansi FTIR polianilin

Berdasarkan grafik transmitansi hasil pengujian FTIR dapat diketahui bahwa sampel yang dibuat merupakan polianilin. Dari grafik ini terdapat bilangan gelombang yang menandakan bahwa bilangan gelombang yang dihasilkan merupakan ciri dari Polianilin. Pada puncak 1563 menunjukkan vibrasi stretching C=C dari cincin quinoid (N=Q=N). pada bilangan gelombang 1493,56  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi stretching C=N yang terdapat senyawa imin

yang merupakan karakteristik dari polianilin. C-C stretch dari dari cincin-cincin quinoid (N=Q=N) dan cincin-cincin benzoid (N-B-N) sebagai backbone polianilin. Pada bilangan gelombang 1302,56  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi C-H bending (Q), karakteristik pada bilangan gelombang 1246,69  $\text{cm}^{-1}$  dan 1150,26  $\text{cm}^{-1}$  sesuai dengan vibrasi stretching C-N yang terprotonasi, sehingga menunjukkan senyawa tersebut tergolong senyawa amina. Pada karakteristik bilangan gelombang 814,67  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi C-H dinyatakan sebagai senyawa aromatik. Berikut merupakan pencocokan vibrasi gugus molekul dari polianilin hasil sintesis dengan data literatur yang disajikan dalam tabel 4.1

**Tabel 4.1** Data Pencocokan vibrasi gugus molekul polianilin

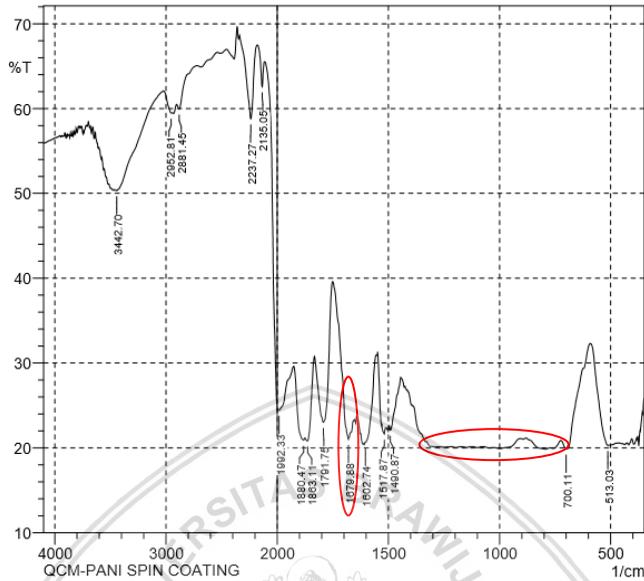
Bil. Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )			*jenis ikatan
*data sheet	*ref	Sampel	
		PANi/HCl	
1560-1650	1560,6	1563,00	C=C stretch (Q)
1400-1500	1479,6	1493,56	C=N stretch (Q)
1250-1335	1301,5	1302,62	C-H bending (Q)
1020-1250	1242,9	1246,69	C-N stretch. C-C stretch. C-H bending (B)
		1150.26	
550-850	810	814,67	C-H bending

Keterangan :

\*data sheet = (Winter, 2008)

\*ref = (Ambarsari, 2013)

Dari hasil pencocokan vibrasi gugus fungsi molekul pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa serbuk polianilin yang dibuat memiliki kesamaan vibrasi gugus molekul terhadap data sheet, dimana kondisi sampel polianilin yang di doping dengan HCL sebagai sumber proton ( $\text{H}^+$ ) sehingga di dapatkan bentuk konduktif polianilin (Emeraldine Salt).



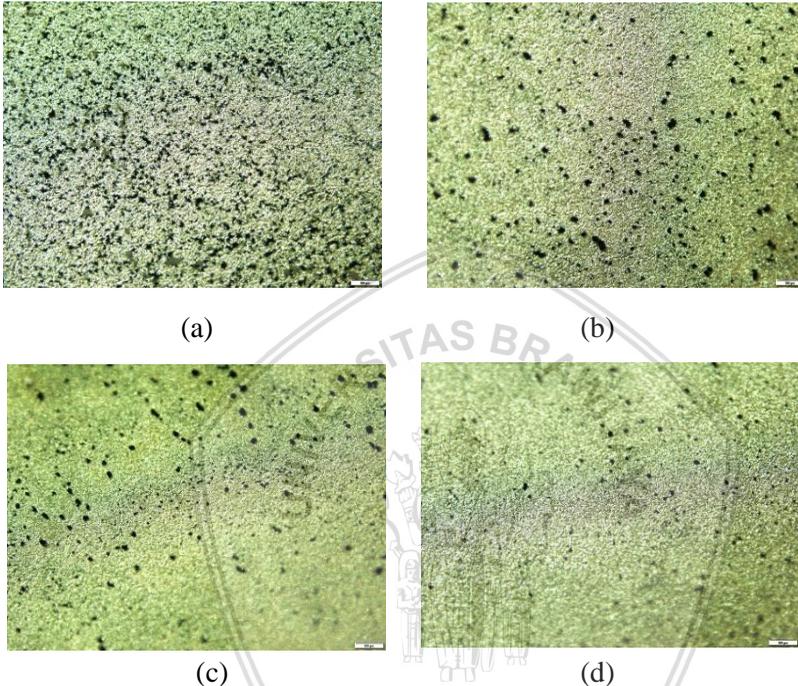
**Gambar 4.2** Grafik spektra transmitansi FTIR polianilin dengan NMP (N-methyl-2-pirrolidone)

Pada Penelitian (Baibarac, 2016) pada pelarut NMP terdapat gugus fungsi yaitu pada spektral  $1600-1750\text{ cm}^{-1}$ , sedangkan pada hasil uji FTIR gugus fungsi yang diperoleh yaitu  $1665\text{ cm}^{-1}$ ,  $1681\text{ cm}^{-1}$ , dan  $1700\text{ cm}^{-1}$ . Berdasarkan gambar 4.2 grafik spektra transmitansi hasil uji FTIR setelah deposisi polianilin dengan NMP terdapat gugus fungsi NMP yaitu  $1679,88\text{ cm}^{-1}$ , gugus fungsi tersebut menunjukkan terbentuknya ikatan baru C=C yaitu senyawa aromatik. Terjadi hilangnya gugus fungsi dari polianilin pada puncak  $814,67\text{ cm}^{-1}$ ,  $1150,26\text{ cm}^{-1}$ ,  $1246,69\text{ cm}^{-1}$ , dan  $1302,62\text{ cm}^{-1}$ , gugus fungsi yang hilang disebabkan oleh spektrum absorpsi dari QCM itu sendiri sehingga gugus fungsi polianilin pada rentan tersebut diserap oleh QCM.

#### 4.2 Pengaruh Kecepatan Putar terhadap Morfologi permukaan

Mikroskop optik digunakan untuk mempelajari dan membandingkan morfologi dari lapisan yang telah terlapisi pada

QCM, dengan menggunakan pembesaran 100x agar dapat terlihat morfologi lapisan pada QCM yang tidak dapat dilihat secara langsung dengan mata. Dengan kecepatan putar yang digunakan berbeda, maka akan dihasilkan struktur morfologi yang berbeda.



**Gambar 4.3** (a) morfologi pada kecepatan 1000 rpm. (b) morfologi pada kecepatan 2000 rpm. (c) morfologi pada kecepatan 3000 rpm. (d) morfologi pada kecepatan 4000 rpm.

Berdasarkan hasil uji mikroskop optik menunjukkan terjadinya perbedaan pada permukaan lapisan tipis polianilin pada masing-masing variasi kecepatan putar yang dilakukan. lapisan tipis polianilin yang terbentuk berupa *layer-island*, hal ini disebabkan oleh adanya gaya sentrifugal pada putaran *spin coating*, ketika kecepatan putar yang digunakan rendah maka proses penyebaran larutan lambat sehingga lapisan yang terbentuk tidak seragam dan terjadi aglomerasi (penggumpalan partikel). Ketika kecepatan putar yang digunakan besar maka gaya sentrifugal pada putaran *spin*

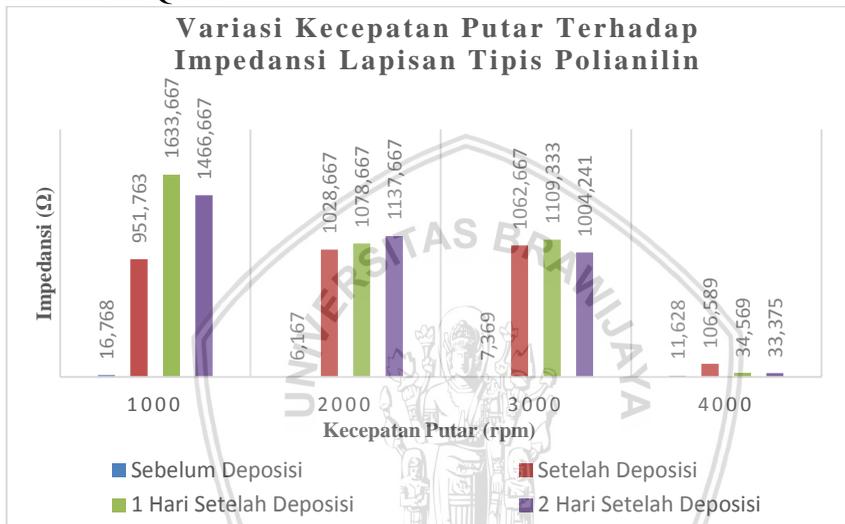
*coating* semakin besar, sehingga memaksa lapisan lebih cepat menyebarkan, hal ini menyebabkan terjadinya aglomerasi yang lebih sedikit. Terjadinya aglomerasi akan menyebabkan terbentuknya *island* pada permukaan lapisan polianilin. Berdasarkan gambar 4.3 (a), (b), (c) dan (d) terdapat perbedaan banyaknya aglomerasi dan ukuran-ukuran yang berbeda. Terjadi perbedaan banyaknya aglomerasi dan ukuran yang berbeda disebabkan karena kecepatan putar yang digunakan berbeda.

#### 4.3 Pengaruh Kecepatan putar terhadap Impedansi

Deposisi lapisan tipis polianilin pada permukaan QCM menggunakan metode *spin coating*. Polianilin yang telah dilarutkan dengan N-Methyl-2-Pirrolidone diteteskan pada permukaan QCM. Pada proses *spin coating* kecepatan putar berpengaruh terhadap nilai impedansi lapisan tipis pada QCM, Saat kecepatan putar yang rendah maka akan dihasilkan lapisan yang lebih tebal dibandingkan saat kecepatan putar yang digunakan tinggi. berdasarkan penelitian Rahmawati pada tahun 2014, jika kecepatan putar yang digunakan kecil maka lapisan yang terbentuk tebal, sehingga terjadi pembebanan dan nilai impedansi yang didapatkan besar. Pada penelitian ini digunakan 4 variasi kecepatan putar *spin coating* yaitu 1000 rpm, 2000 rpm, 3000 rpm, dan 4000 rpm. Larutan polianilin yang diteteskan akan disebarkan secara merata karena adanya gaya sentrifugal. Sehingga lapisan akan mengalami penipisan selama proses perputaran, Hasil dari pengukuran berupa grafik hubungan antara kecepatan putar deposisi dengan nilai impedansi. Hasil impedansi pada QCM yang telah diterlapisi polianilin pada empat variasi kecepatan putar dapat dilihat pada gambar 4.4.

Berdasarkan variasi kecepatan putar, nilai impedansi yang didapatkan besar pada kecepatan 1000 rpm, 2000 rpm dan 3000 rpm. Sedangkan pada kecepatan putar 4000 rpm didapatkan nilai impedansi yang kecil, hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Purwanto pada tahun 2013, semakin cepat kecepatan putar *spin coating* yang digunakan maka akan semakin tipis lapisan yang terbentuk dan tidak membebani QCM. Hal ini juga dapat dilihat pada hasil karakterisasi morfologi permukaan QCM pada gambar 4.3 (a), (b), (c) dan (d), morfologi dengan menggunakan kecepatan putar 1000 rpm, 2000 rpm terdapat banyak aglomerasi, sehingga terjadi

pembebanan pada QCM. Sedangkan pada kecepatan putar 3000 rpm aglomerasi yang terjadi mulai berkurang, dan pada kecepatan putar 4000 rpm aglomerasi yang terjadi lebih sedikit. Hal ini disebabkan oleh besarnya kecepatan putar yang digunakan sehingga gaya sentrifugal semakin besar dan memaksa lapisan untuk lebih cepat menyebar. Sehingga aglomerasi yang terbentuk sedikit dan di dapatkan nilai impedansi lapisan tipis polianilin yang kecil dan tidak membebani QCM.

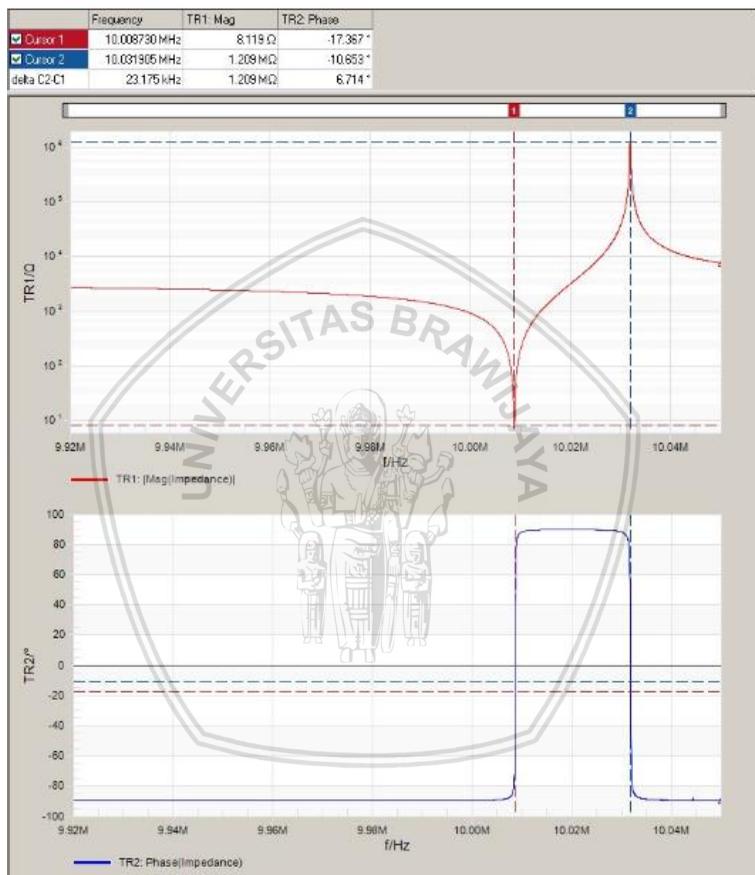


**Gambar 4.4** Grafik variasi kecepatan putar Spin coating terhadap nilai impedansi lapisan tipis Polianilin

Berdasarkan pengukurannya, pada pengukuran hari kedua setelah deposisi pada kecepatan putar 3000 rpm dan 4000 rpm terjadi penurunan nilai impedansi, hal ini dikarenakan pada lapisan yang telah terdeposisi terjadi penguapan pelarut sehingga menyebabkan penurunan nilai impedansi. Sedangkan pada kecepatan putar 1000 rpm dan 2000 rpm terjadi kenaikan nilai impedansi, dikarenakan kecepatan putar yang digunakan kecil dan lapisan yang terbentuk tebal, sehingga pelarut terperangkap dan terjadi penguapan hanya pada lapisan yang paling atas. Dapat dilihat dari gambar 4.4 pada kecepatan putar 4000 rpm didapatkan nilai impedansi yang paling



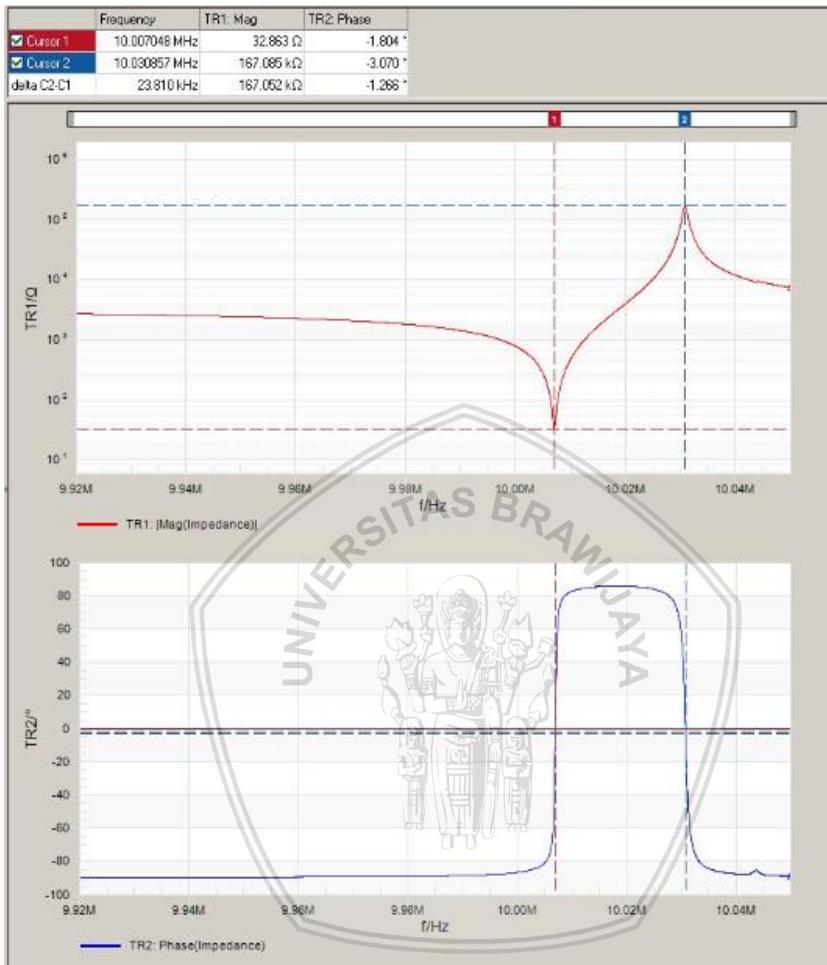
kecil yaitu  $33,375 \Omega$ . Sehingga lapisan tipis polianilin yang dapat digunakan sebagai lapisan pada sensor QCM pada kecepatan putar 4000 rpm.



**Gambar 4.5** Grafik pengukuran impedansi sebelum deposisi

Pada gambar 4.5 menunjukkan grafik pengukuran impedansi pada QCM sebelum di deposisi dengan polianilin. Dilakukan pengukuran impedansi sebelum proses deposisi agar dapat diketahui nilai impedansi pada QCM sebelum di deposisi polianilin.



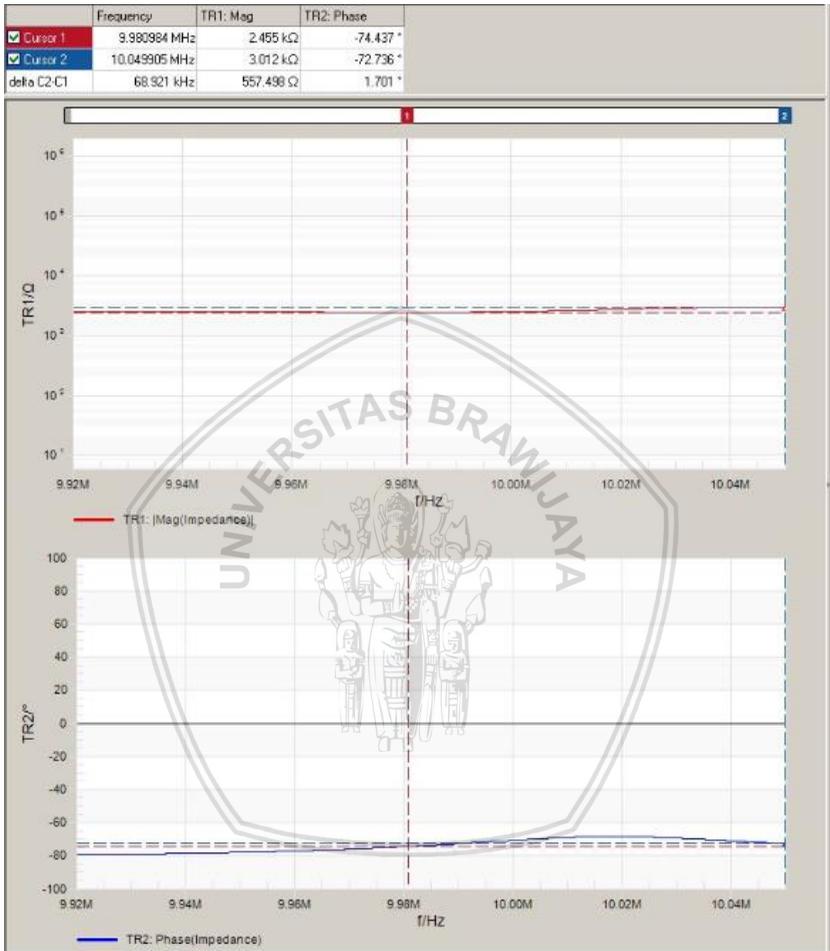


**Gambar 4.6** Grafik pengukuran Impedansi terkecil setelah deposisi

Pada gambar 4.6 menunjukkan naiknya nilai impedansi setelah dilapisi polianilin, hal ini dapat dibandingkan pada gambar 4.5 dengan gambar 4.6, nilai impedansi mengalami kenaikan seiring semakin tebal lapisan polianilin yang terdeposisi. Gambar 4.6 menunjukkan nilai impedansi yang didapatkan kecil, disebabkan oleh kecepatan putar yang digunakan yaitu 4000 rpm sehingga lapisan



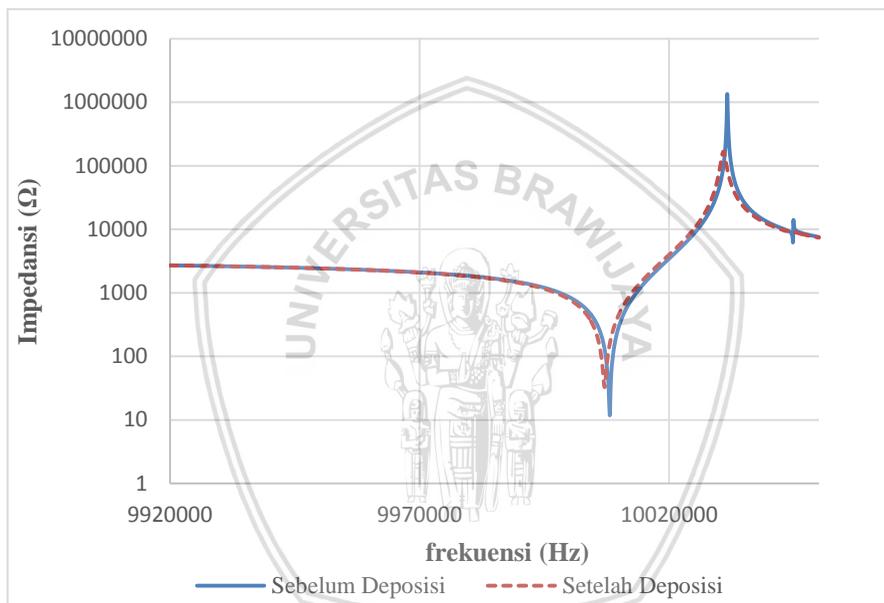
yang terbentuk tipis dan tidak membebani QCM dan dapat digunakan sebagai sensor.



**Gambar 4.7** Grafik pengukuran Impedansi terbesar setelah deposisi

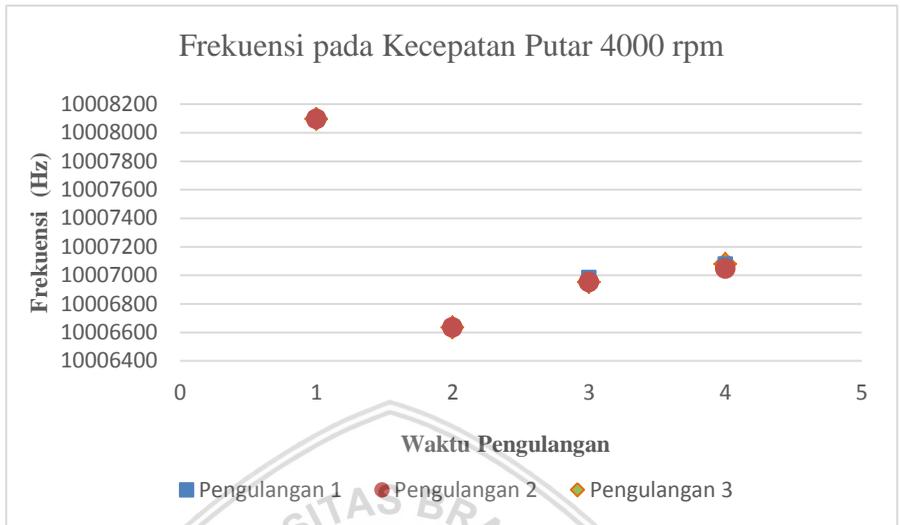
Pada gambar 4.7 menunjukkan naiknya nilai impedansi setelah dilapisi polianilin, nilai impedansi mengalami kenaikan seiring semakin tebal lapisan polianilin yang terdeposisi. Pada gambar 4.7 menunjukkan nilai impedansi yang besar karena kecepatan putar

yang digunakan kecil yaitu 1000rpm sehingga terjadi aglomerasi pada permukaan lapisan tipis polianilin, sehingga terjadi pembebanan dan tidak dapat digunakan sebagai sensor. Berdasarkan dari grafik beda fase, pengukuran ketebalan dapat dilakukan jika grafik beda fase melewati jauh dari titik nol. Hal ini dikarenakan jika tidak melewati jauh dari titik nol maka terjadi perubahan frekuensi yang besar sehingga ketebalan tidak dapat diukur. Untuk mengetahui perubahan nilai frekuensi sebelum dan setelah deposisi dapat dilihat pada gambar 4.8 yaitu grafik hubungan antara frekuensi dan impedansi.



**Gambar 4.8** Grafik Hubungan antara Frekuensi dan Impedansi

Pada gambar 4.8 menunjukkan grafik hubungan antara frekuensi dan impedansi, dari grafik tersebut dapat diketahui terjadinya pergeseran frekuensi setelah QCM dideposisi dengan polianilin. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan massa pada permukaan QCM. Sehingga terjadi kenaikan nilai impedansi.



**Gambar 4.9** Grafik Nilai Frekuensi Lapisan Polianilin pada Kecepatan Putar 4000 rpm

Pada gambar 4.9 menunjukkan perubahan nilai frekuensi resonansi QCM yaitu terjadi penurunan nilai frekuensi setelah dilapisi polianilin. Pada gambar 4.9 dapat dilihat pada sumbu x angka 1 menunjukkan nilai frekuensi sebelum deposisi, angka 2 menunjukkan nilai frekuensi setelah deposisi, angka 3 menunjukkan nilai frekuensi 1 hari setelah deposisi, dan angka 4 menunjukkan nilai frekuensi 2 hari setelah deposisi. Grafik tersebut menunjukkan perubahan nilai frekuensi sebelum dan setelah deposisi, dapat diketahui bahwa nilai frekuensi setelah deposisi, 1 hari setelah deposisi dan 2 hari setelah deposisi terjadi kenaikan. Hal ini disebabkan oleh terjadinya penguapan pada pelarut sehingga massa yang membebani sensor QCM berkurang, maka nilai frekuensi menjadi naik. Untuk mengukur ketebalan lapisan tipis pada sensor QCM dapat menggunakan persamaan sauerbrey, tetapi jika penurunan yang terjadi besar maka tidak dapat diukur ketebalan lapisan pada sensor QCM dengan persamaan sauerbrey.



(Halaman Ini sengaja dikosongkan)

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Kecepatan putar berpengaruh terhadap morfologi dari lapisan polianilin, semakin rendah kecepatan putar yang digunakan maka akan semakin banyak aglomerasi yang terbentuk sehingga terjadi pembebanan pada QCM.
2. Kecepatan putar berbanding terbalik dengan nilai impedansi lapisan polianilin, semakin cepat kecepatan putar yang digunakan maka lapisan yang terbentuk semakin tipis dan nilai impedansi semakin kecil, sehingga lapisan polianilin tidak membebani QCM. Pada penelitian ini lapisan polianilin yang tidak membebani yaitu pada kecepatan 4000 rpm.

### 5.2 Saran

Untuk membuat lapisan tipis polianilin sebaiknya menggunakan kecepatan putar *spin coating* minimal 4000 rpm agar lapisan polianilin yang dihasilkan setelah deposisi tipis dan tidak membebani QCM.

(Halaman Ini sengaja dikosongkan)



## DAFTAR PUSTAKA

- Ambarsari, L. (2013). Studi Elektrokimia Polianilin Komposit. *Jurnal Biofisika*, 9(2), 45–53.
- Baibarac, M., Baltog, I., Daescu, M., Lefrant, S., & Chirita, P. (2016). Optical evidence for chemical interaction of the polyaniline/fullerene composites with N-methyl-2-pyrrolidinone. *Journal of Molecular Structure*, 1125, 340–349.
- Chunta, S., Promptmas, C., & Cherdchu, C. (2009). Lipoprotein Sensor: A Piezoelectric Quartz Crystal Device. *Applied Biomedical Engineering*, 2, 24–32.
- Fallis, A. (2013). Development of nanosensor to detect mercury and volatile organic vapors. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Ferreira, G. N. M., da-Silva, A. C., & Tomé, B. (2009). Acoustic wave biosensors: physical models and biological applications of quartz crystal microbalance. *Trends in Biotechnology*, 27(12), 689–697.
- geneva. (2001). N-Methyl-2-Pyrrolidone. *Department of Occupational & Environmental Health, University Hospital, Lund, Sweden*, 39.
- Jaruwongrungrsee, K., & Maturros, T. (2009). Analysis of Quartz Crystal Microbalance Sensor Array with Circular Flow Chamber. *Journal of Applied*, 50–54.
- Johannsmann, D. (2015). *The Quartz Crystal Microbalance in Soft Matter Research. The Quartz Crystal Microbalance in Soft Matter Research*.
- Kanazawa, K., & Cho, N. J. (2009). Quartz crystal microbalance as a sensor to characterize macromolecular assembly dynamics. *Journal of Sensors*, 2009.
- Kusumawati, D. H., Setyarsih, W., & Putri, P. (2008). Studi Pengaruh Arus Polimerisasi terhadap Konduktivitas Listrik Polianilin yang Disintesis dengan Metode Galvanostatik. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 4(1), 1–4.
- Macioce, P. (2003). Viscoelastic Damping. *Sound and Vibration*, 4–5.
- Maddu, A., Wahyudi, S. T., & Kurniatins, M. (2008). Sintesis dan Karakterisasi Nanoserat Polianilin. *Jurnal Nanosains &*

*Nanoteknologi*, 1(2).

- Purwanto. (2013). Variasi kecepatan putar dan waktu pemutaran spin coating dalam pelapisan TiO<sub>2</sub> untuk pembuatan dan karakterisasi, 2(1).
- Sahu, N., Parija, B., & Panigrahi, S. (2009). Fundamental understanding and modeling of spin coating process: A review. *Indian J. Phys*, 83(4), 493–502.
- Stejskal, J., & Gilbert, R. G. (2002). POLYANILINE. PREPARATION OF A CONDUCTING POLYMER (IUPAC Technical Report). *Pure Appl. Chem. Russia J. Janca (France); N. Gospodinova (France); M. Helmstedt (Germany); I. Krivka (Czech Republic); P. Mokreva (Bulgaria J. Prokes (Czech Republic); A. Riede (Germany); E. Rozova (Russia); I. Sapurina (Russia); T. Shishkanova (France);*, 74(5), 857867.
- Winter, P. A. (2008). *Organic Chemistry I - Workbook for Dummies*.

