STUDI PENUMBUHAN LAPISAN *ZINC PHTHALOCYANINE* (ZnPc) DI ATAS SUBSTRAT KACA DAN SUBSTRAT POLISTIREN DENGAN METODE EVAPORASI

SKRIPSI

Oleh:
Iin Hidayanti Wulansari
0910930050-93

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG

2014

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

STUDI PENUMBUHAN LAPISAN *ZINC PHTHALOCYANINE* (ZnPc) DI ATAS SUBSTRAT KACA DAN SUBSTRAT POLISTIREN DENGAN METODE EVAPORASI

SKRIPSI

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

Oleh:
Iin Hidayanti Wulansari
0910930050-93

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG

2014

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

STUDI PENUMBUHAN
LAPISAN *ZINC PHTHALOCYANINE* (ZnPc)
DI ATAS SUBSTRAT KACA DAN SUBSTRAT POLISTIREN
DENGAN METODE EVAPORASI

Oleh:
Iin Hidayanti Wulansari
0910930050

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, M. Si	**Ir. D.J. Djoko H.S. M. Phil., PhD**
NIP. 197512312002122002	**NIP. 196601300990021001**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Adi Susilo, PhD
NIP. 19631227 1991 03 1 002

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	**: Iin Hidayanti Wulansari**
NIM	**: 0910930050**
Jurusan	**: Fisika**
Penulis Skripsi berjudul	**:**

STUDI PENUMBUHAN
LAPISAN *ZINC PHTHALOCYANINE* (ZnPc)
DI ATAS SUBSTRAT KACA DAN SUBSTRAT POLISTIREN
DENGAN METODE EVAPORASI

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. **Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.**
2. **Apabila kemudian hari ternyata skripsi saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.**

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, ...
Yang menyatakan,

Iin Hidayanti Wulansari
NIM. 0910930050

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

KATA PENGANTAR

Puji syukur *Alhamdulillahirabbil'alaamin* kepada Allah SWT, yang maha mengatur, maha menentukan dan, maha memberikan petunjuk. Berkat-Nya lah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **"Studi Penumbuhan Lapisan *Zinc Phthalocyanine* (ZnPc) di Atas Substrat Kaca dan Substrat Polistiren dengan Metode Evaporasi"** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya.

Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan pada segenap pihak yang telah mendukung dan membantu terselesaikannya tugas akhir ini. Tanpa bantuan dan dukungan dari segenap pihak, penulis tidak dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis mengucapkan terimakasih, khususnya kepada:

1. Bapak (Ansori), Ibu (Mar'atusshalihah), Adik-adik (Citrawati Agustina, Agung Restu Hidayatullah, Fakhiratil Adzkiyyah), atas doa dan dukungannya sehingga penulis selalu memiliki semangat untuk terus berusaha melakukan yang terbaik.
2. Mbah Aya Shofia dan Pak *Poh* Muslih, terimakasih telah menjadi orang tua untuk penulis selama di Malang.
3. Dr. Eng Masruroh, M. Si dan Ir. D.J. Djoko H.S. M. Phil., PhD selaku pembimbing pelaksanaan tugas akhir ini. Penulis mengucapkan terimakasih atas bimbingan, pengetahuan baru, dan pengalaman yang belum pernah penulis dapatkan sebelumnya.
4. Seluruh jajaran staff Jurusan Fisika UB dimulai dari Ketua Jurusan, Dosen-dosen, Staff Tata Usaha, Kepala Laboratorium, dan juga para laboran, terimakasih telah mendukung dalam bentuk fasilitas yang dibutuhkan penulis selama penyelesaian tugas akhir.
5. Ratih Endah Sutantri, terimakasih atas semangat, kebersamaannya berjuang bersama menyelesaikan kesulitan-kesulitan yang dihadapi, pengetahuan, dan pengalaman baru. Penulis juga mengucapkan permohonan maaf karena telah banyak merepotkan ☺.

6. Mbak Dhesy Galluh Ratnawati, Mas Vani Rachmad Wijayanto, Mbak Eka Rahmawati, dan Mas Fadli Robiandi terimakasih atas bantuannya selama di laboratorium.
7. Yesika, bang Kevin, mbah Ali, bang Kruger, Wela Ncing, Robby, Silvi, Yunnia, mas Banana, mas Winarto, mas Aul, Sawiji, Ciputi, terimakasih atas kebersamaannya di laboratorium membantu menghilangkan rasa bosan ☺.
8. Izza Chumairoh dan Yunita Dwi H, terimakasih atas kebersamaannya selama di Fisika. Semoga kita selalu dekat <3.
9. Teman-teman Fisika angkatan 2009, terimakasih atas semua dukungannya. Semoga kita selalu kompak dan bertemu bersama-sama lagi nanti.
10. Teman-teman FORKALAM, basic, HIMAFIS, terimakasih atas kebersamaan dan pengalaman yang telah diberikan.
11. Seluruh pihak terkait yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terimakasih atas segala banruan dan dukungannya.

Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan. Penulis menyadari masih terdapatnya kekurangan dalam penulisan skripsi ini, sehingga kritik dan saran yang membangun, penulis harapkan untuk perbaikan kedepannya.

Malang, Nopember 2013

Penulis

STUDI PENUMBUHAN
LAPISAN *ZINC PHTHALOCYANINE* (ZnPc)
DI ATAS SUBSTRAT KACA DAN SUBSTRAT POLISTIREN
DENGAN METODE EVAPORASI

ABSTRAK

Biosensor merupakan perangkat uji yang memanfaatkan biomolekul untuk mendeteksi suatu zat. Perangkat ini dibuat dengan mengimobilisasi biomolekul di atas pemukaan transduser. Permukaan transduser perlu dilapisi lapisan tertentu agar dapat diimobil dengan biomolekul. Pada penelitian ini dibuat lapisan ZnPc di atas substrat kaca dan substrat polistiren dengan metode evaporasi. Parameter deposisi yang dipelajari adalah pada kondisi tegangan kumparan sebesar 3 V, jarak substrat sebesar 1 cm, dan laju pemanasan 67%. Kemudian, lapisan hasil deposisi diamati morfologi permukaannya menggunakan mikroskop optik dan *scanning electron microscopy* (SEM). Komposisi penyusun lapisan ZnPc juga diamati menggunakan SEM EDX. Hasil pengamatan menggunakan mikroskop optik dan SEM menunjukkan bahwa ZnPc terdeposisi menyebar di permukaan kaca, sedangkan di permukaan polistiren cenderung terkonsentrasi pada rongga dipermukaannya. Pengamatan menggunakan SEM EDX menunjukkan bahwa lapisan ZnPc di atas substrat polistiren mengandung lebih banyak atom N daripada lapisan di atas substrat kaca. Hal ini mengindikasikan bahwa ZnPc terdeposisi lebih banyak di atas substrat polistiren daripada substrat kaca. Dari hasil pengamatan morfologi dan komposisi disimpulkan bahwa lapisan ZnPc di atas substrat polistiren dapat digunakan untuk penelitian lanjutan dalam bidang biosensor khususnya pada sensor *quartz crystal microbalance* (QCM).

Kata Kunci: QCM, Lapisan Tipis, *Zinc Phthalocyanine* (ZnPc), DMF, Evaporasi

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

STUDY OF *ZINC PHTHALOCYANINE* (ZnPc) GROWTH ON GLASS AND POLYSTIRENE SUBSTRATE BY EVAPORATION METHOD

ABSTRACT

Biosensor is a testing device that utilizes biomolecule to detect a substance. This device was made by immobilizing biomolecules on the surface of transducer. The transducer's surface needs to be layered with certain film so it can then immobilized with biomolecule. In this study, a film of ZnPc was grown on the glass and polystyrene substrate by evaporation method. Deposition parameter as learned on condition value involving the coil voltage with the magnitude of 3 V, substrate distance of 1cm, and 67% heating rate. Moreover, the film morphology was observed by optical microscope and scanning electron microscopy (SEM). The composition of ZnPc film was also observed by using SEM EDX. The observation by optical microscope and SEM showed that ZnPc deposition spread across the glass substrate, while on the polystyrene substrate tend to be concentrated in the rough part of the surface. Observation by SEM EDX showed that ZnPc film on the polystyrene substrate contains more N atom than on the glass substrate.This result indicate that on the polystyrene substrate contains more ZnPc than on the glass substrate. Based on morphology and composition observation, it can be concluded that ZnPc film on the polystyrene substrate can be utilized in the more advanced study in biosensor field, specifically in *quartz crystal microbalance* (QCM)

Key Words: QCM, Film, Zinc Phthalocyanine (ZnPc), DMF, Evaporation

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI ..... **iii**
LEMBAR PERNYATAAN ..... **v**
KATA PENGANTAR ..... **vii**
ABSTRAK ..... **ix**
ABSTRACT ..... **xi**
DAFTAR ISI ..... **xiii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xv**

BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian 2
1.5 Manfaat Penelitian 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **5**
2.1 Zinc Phthalocyanine (ZnPc) 5
2.2 Polistiren (PS) 6
2.3 Metode Evaporasi 7
2.4 Mekanisme Penumbuhan Lapisan 9
2.5 Energi Permukaan γ (*Surface Energy*) 11

BAB III METODOLOGI **13**
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 13
3.2 Alat dan Bahan 13

3.3 Tahapan Penelitian 13
3.3.1 Pembuatan Larutan 15
3.3.2 Persiapan Substrat Kaca dan Substrat Polistiren 15
3.3.3 Deposisi Larutan ZnPc 17
3.3.4 Pengamatan Lapisan ZnPc dengan Mikroskop Optik 24
3.3.5 Pengamatan Lapisan ZnPc dengan SEM dan Sem EDX 24
3.3.6 Analisa Hasil 25

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 27
4.1 Sintesis Larutan ZnPc dengan DMF 27
4.2 Pengaruh Substrat terhadap Morfologi Pemukaan ZnPc 28
4.3 Pengaruh Substrat terhadap Komposisi Lapisan ZnPc 34

BAB V PENUTUP 37
5.1 SIMPULAN 37
5.2 SARAN 37

DAFTAR PUSTAKA 39
LAMPIRAN 1 43
LAMPIRAN 2 43
LAMPIRAN 3 45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Molekul ZnPc 5
Gambar 2. 2 Struktur Kimia Polistiren 6
Gambar 2. 3 Permukaan lapisan polistiren dilihat menggunakan SEM . 7
Gambar 2. 4 Sistem Evaporasi 8
Gambar 2. 5 Pergerakan partikel evaporan di dalam ruang vakum 8
Gambar 2. 6 Mekanisme Penumbuhan Lapisan 9
Gambar 2. 7 Mode penumbuhan lapisan 10
Gambar 2. 8 Ilustrasi pengaruh energi permukaan 12
Gambar 3. 1 Skema penelitian 14
Gambar 3. 2 Diagram alir pembuatan larutan ZnPc 15
Gambar 3. 3 Diagram alir persiapan substrat kaca 15
Gambar 3. 4 Diagram alir pembuatan larutan polistiren 16
Gambar 3. 5 Diagram alir substrat polistiren 16
Gambar 3. 6 Sistem Evaporator Vakum 17
Gambar 3. 7 Diagram alir proses deposisi 19
Gambar 3. 8 Skema pemilihan parameter deposisi 20
Gambar 3. 9 Skema pemilihan parameter laju pemansan 21
Gambar 3. 10 Skema pemilihan parameter tegangan 22
Gambar 3. 11 Skema pemilihan parameter jarak substrat 23
Gambar 3. 12 Diagram alir deposisi larutan ZnPc 24
Gambar 4. 1 Larutan ZnPc 27
Gambar 4. 2 Pengaruh substrat 29
Gambar 4. 3 Perbedaan morfologi permukaan 30
Gambar 4. 4 Deposisi partikel 32
Gambar 4. 5 Pengamatan lapisan secara mikroskopis 33
Gambar 4. 6 Pengaruh substrat terhadap komposisi lapisan ZnPc 35

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biosensor adalah perangkat uji yang memanfaatkan biomolekul untuk mendeteksi sutu zat (Wicaksono, 2000). Biosensor saat ini sedang dikembangkan di jurusan Fisika Universitas Brawijaya. Teknik biosensor yang sedang dikembangkan adalah sensor QCM (*Quartz Crystal Microbalance*) (Wijayanto, 2012). Sensor QCM dapat mengalami perubahan frekusensi resonansi kristal akibat adanya massa yang terdeposisi di permukaannya (Sauerbrey, 1959). Dalam aplikasinya sebagai biosensor, permukaan QCM yang kasar dan elektrodanya yang mudah mengalami oksidasi menjadi kendala untuk mendeteksi zat berbentuk cairan. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan suatu lapisan di permukaan QCM agar kekasaran permukaannya berkurang dan elektrodanya tidak mengalami oksidasi (S. P. Sakti, 2012);(S. P. Sakti, 1999).

Peneliti sebelumnya telah melakukan pelapisan polistiren pada permukaan QCM. Penelitian ini membuktikan bahwa polistiren dapat mengurangi kekasaran permukaan QCM dan melindungi elektroda QCM sehingga tidak mengalami oksidasi. Selain itu, polistiren membentuk lapisan yang mendukung adsorbsi fisik biomolekul (S.P Sakti, 1998). Ikatan fisik merupakan ikatan yang lemah. Ikatan yang lebih kuat adalah ikatan kimia. Dengan ikatan fisik, molekul hanya menempel pada permukaan lapisan. Sedangkan dengan ikatan kimia, molekul akan berikatan dengan unsur penyusun lapisan.

Untuk menghasilkan ikatan kimia diperlukan suatu lapisan yang dapat berikatan dengan biomolekul. *Zinc Phthalocyanine* (ZnPc) dengan rumus kimia $C_{32}H_{16}N_8Zn$, bersifat lipofilik, tahan terhadap panas (Mariana da Volta Soares, 2011), dan dapat mengikat biomolekul (Gol, 2012). Karena sifat tersebut, muncul ide untuk menumbuhkan lapisan ZnPc sebagai lapisan yang dapat mengikat biomolekul.

Salah satu metode penumbuhan lapisan yang mudah dilakukan dan hampir dapat digunakan untuk semua bahan adalah metode evaporasi. Metode evporasi dilakukan dengan mengevaporasi bahan

yang akan ditumbuhkan menjadi lapisan di ruangan vakum. Evaporasi yang dilakukan pada padatan membutuhkan pemanasan yan lebih besar daripada bahan yang berbentuk larutan, hal ini disebabkan karena larutan lebih mudah menguap daripada padatan. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan penumbuhan lapisan dari ZnPc berbentuk larutan.

Penelitian ini merupakan studi awal untuk menumbuhakn lapisan ZnPc. Sebagai studi awal, maka dilakukan penumbuhan di atas substrat kaca dan substrat polistiren. Metode penumbuhan yang digunakan adalah metode evaporasi. Pada penelitian ini dipelajari sinstesis larutan ZnPc dan pengaruh substrat terhadap morfologi serta komposisi lapisan ZnPc.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah dipaparkan, permasalahan yang dirumuskan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mensintesis larutan ZnPc?
2. Bagaimana pengaruh substrat terhadap morfologi lapisan ZnPc?
3. Bagaimana pengaruh substrat terhadap komposisi lapisan ZnPc?

1.3 Batasan Masalah

Pembahasan masalah yang dirumuskan dibatasi dalam hal sebagai berikut:

1. Bahan yang dievaporasi pada penelitian ini berupa larutan.
2. Konsentrasi larutan ZnPc tidak diukur.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah, untuk:

1. Mempelajari sintesis larutan ZnPc.
2. Mempelajari pengaruh substart terhadap morfologi lapisan ZnPc.
3. Mempelajari pengaruh substrat terhadap komposisi lapisan ZnPc.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan diperoleh manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai sintesis larutan ZnPc.
2. Memberikan informasi mengenai pengaruh substrat terhadap morfologi lapisan ZnPc.
3. Memberikan informasi mengenai pengaruh substrat terhadapa komposisi lapisan ZnPc.
4. Digunakan sebagai studi awal modifikasi permukaan sensor QCM untuk imobilisasi protein.

(Halaman ini sengaja diosongkan)

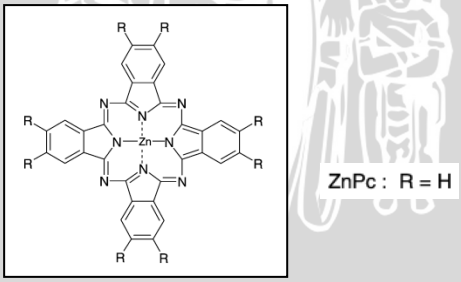
BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Zinc Phthalocyanine (ZnPc)

Istilah *phthalocyanine* (Pcs) pertama kali digunakan oleh R. P. Linstead pada 1933 untuk mendeskribsikan golongan pewarna organik, yang rentang warnanya mulai biru kemerah-merahan sampai hijau kekuning-kuningan. Nama *phthalocyanine* berasal dari bahasa yunani *naphtha* yang artinya minyak mineral dan *cyanine* yang berarti biru tua (Herbest, 2003).

Zinc Phthalocyanine (ZnPc) dengan rumus kimia $C_{32}H_{16}N_8Zn$, merupakan salah satu senyawa turunan dari *phthalocyanine.* Bahan ini mudah disintetis dan tidak merusak lingkungan (S. Senthilarasu, 2003). ZnPc adalah sebuah pewarna dengan berat molekul 577, 91 g/mol, berbentuk bubuk, dan bersifat *lipophilic.* Selain itu ZnPc memilki stabilitas termal yang tinggi, massanya hanya berkurang <5% dalam suhu 500^{o}C (Mariana da Volta Soares, 2011).

Kelemahan utama dari bahan ini adalah nilai solubilitasnya yang rendah ketika dilarutkan pada pelarut organik atau air (Gulnur Keser Karaoglan, 2011). ZnPc mengalami agregasi ketika dilarutkan dalam air. ZnPc dapat larut dalam piridin, *dimethylformamide* (DMF), dan *dichloromethane* (DCM). Pelarut ini dapat mengurangi agregasi pada ZnPc ketika dilarutkan (Ogunsipe dkk., 2003).



Gambar 2. 1 Struktur Molekul ZnPc

(Ogunsipe dkk., 2003)

2.2 Polistiren (PS)

Polistiren (PS) dengan rumus kimia $(C8H8)_n$ adalah hasil polimerisasi dari monomer-monomer stirena. Sifat-sifat umum dari polistiren adalah (Mujiarto, 2005):

1. Sifat mekanis

   Sifat mekanis yang menonjol dari bahan ini adalah kaku, keras, mempunyai bunyi seperti metalic ketika dijatuhkan.

2. Ketahan terhadap bahan kimia

   PS larut dalam eter, hidrokarbon aromatik dan chlorinated hidrokarbon. Selain itu bahan ini mempunyai daya serap air yang rendah, dibawah 0,25%.

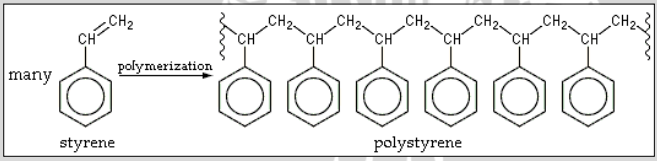
3. Abrasion resistance

   PS mempunyai kekuatan permukaan relatif ebih keras dibandingkan dengan jenis termoplastik yang lain. Meskipun demikian, bahan ini mudah tergores.

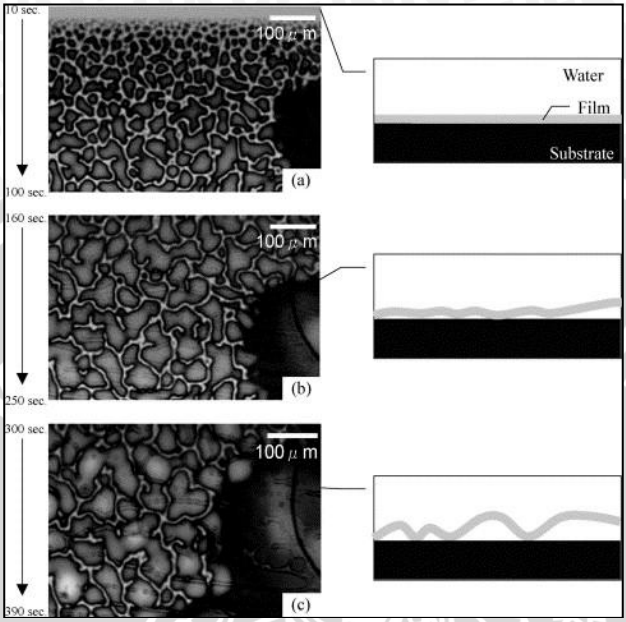
4. Transparansi

   PS mempunyai derajat transparansi yang tinggi, dapat melalui semua panjang gelombang (90%).

Polistiren merupakan salah satu polimer yang banyak digunakan sebagai substrat karena berat spesifiknya rendah dan sifat mekanik yang dimilikinya (A.N Yusilawati, 2010). Selain itu, bahan ini mudah dibuat dan terjangkau (S.P Sakti, 1998).



Gambar 2. 2 Struktur Kimia Polistiren



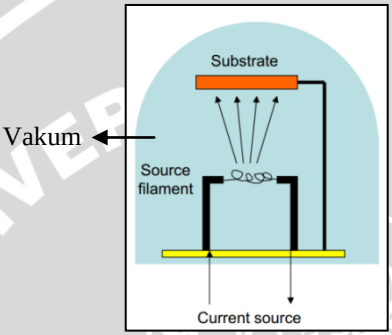
Gambar 2. 3 Permukaan lapisan polistiren dilihat menggunakan SEM

Bahan ini juga dapat digunakan untuk mengurangi kekasaran permukaan dan melindungi terjadinya oksidasi pada elektroda di permukaan sensor QCM tanpa mempengaruhi kerja dari sensor tersebut. Selain itu, lapisan polistiren yang dibuat dengan metode *spin coating* dapat membentuk matriks yang mendukung imobilisasi di pemukaan sensor QCM (S.P Sakti, 1998).

2.3 Metode Evaporasi

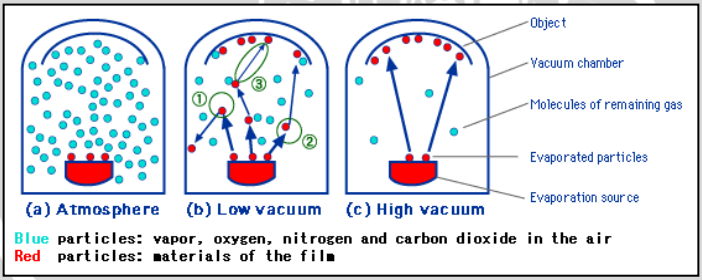
Evaporasi merupakan salah satu metode lama yang digunakan untuk mendeposisikan lapisan tipis dalam penelitian dan industri (Meissel L.I, 1970), (Bunshah, 1982). Hampir semua material dapat dievaporasi dan, jika evaporasi dilakukan di sistem vakum, temperatur evaporasi akan berkurang, serta ketidakmurnian lapisan yang ditumbuhkan dapat diminimalisir (R.E Zeng Acosta, 1982).

Gambar 2.4 meruapakan contoh sistem evaporasi. Tahapan dasar dalam proses deposisi dengan metode evaporasi meliputi: (i) Uap dihasilkan dari sumber material yang dipanaskan (ii) Uap ditransferkan dari sumber menuju substrat, dan (iii) Uap mengalami kondensasi menjadi lapisan padat pada permukaan substrat (Meissel L.I, 1970) .



Gambar 2. 4 Sistem Evaporasi

Meskipun secara prinsip metode ini sederhana, namun dalam aplikasinya dibutuhkan pemilihan parameter deposisi yang tepat supaya lapisan berhasil dideposiasi. Parameter deposisi yang mempengaruhi proses deposisi menggunakan metode evaporasi adalah tegangan listrik, tekanan vakum, dan jarak substrat (Meissel L.I, 1970); (Bunshah, 1982).



Gambar 2. 5 Pergerakan partikel evaporan di dalam ruang vakum

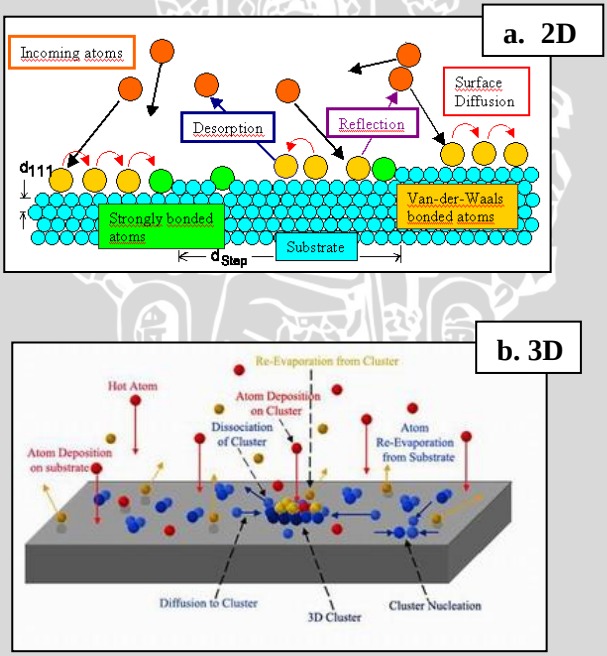
Evaporasi dilakukan pada ruang vakum agar tidak terkontaminasi dengan partikel yang bersifat pengotor dan

memperbesar lintasan bebas rata-rata (*mean free path).* Dalam kondisi vakum yang tinggi (dengan *mean free path* yang besar), partikel yang diuapkan dapat bergerak langsung ke target deposisi tanpa bertabrakan dengan partikel gas lain (Herlambang, 2012).

2.4 Mekanisme Penumbuhan Lapisan

Lapisan adalah material yang dideposisikan ke material lain untuk mendapatkan sifat yang lebih baik daripada sifat saat material tersebut berdiri sendiri. Material yang permukaannya dideposisikan dengan film tipis ini disebut substrat. Sedangkan lapisan yang akan dikenakan ke permukaan substrat disebut target.

Tahapan pembuatan lapisan dimulai dari emisi partikel dari sumber material yang akan dideposisikan. Partikel ini ditransporkan menuju substrat kemudian mengalami kondensasi di atas substrat.

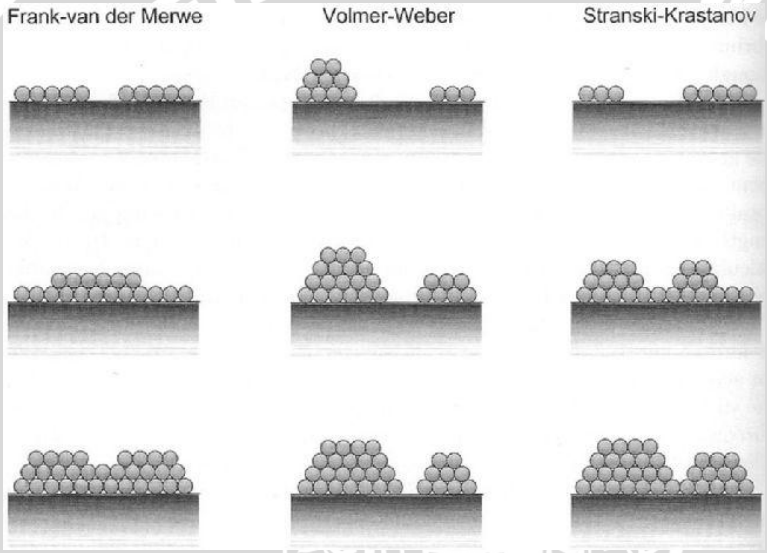


Gambar 2. 6 Mekanisme Penumbuhan Lapisan tampak a. 2D dan b.3D

Secara umum, terdapat tiga tipe penumbuhan lapisan yaitu *island growth (*Volmer-Weber), *layer by layer* (Frank-Van der Merwe), dan *mix growth* (Stranski-Krastanov) (Ohring, 2002).

1. *Layer by Layer* (Frank-Van der Merwe)

Tipe penumbuhan ini terjadi karena atom lapisan berikatan lebih kuat dengan atom substrat daripada berikatan dengan atom sesamanya. Hal ini disebabkan karena tegangan permukaan substrat (γ_s) lebih besar daripada tegangan permukaan bahan evaporasi (γ_b).



(a) (b) (c)

Gambar 2. 7 Mode penumbuhan lapisan (a) *Layer by Layer* (b) *Island* (c) *Mix*

2. *Island Growth* (Volmer-Weber)

Tipe penumbuhan ini terjadi karena atom lapisan berikatan lebih kuat dengan sesama atom unsur deposisi daripada berikatan dengan atom substrat. Hal ini disebabkan karena tegangan permukaan substrat (γ_s) lebih kecil daripada tegangan permukaan bahan evaporasi (γ_b).

3. *Mix Growth* (Volmer-Weber)

Tipe penumbuhan ini merupakan gabungan dari penumbuhan secara *island growth* dan *layer by layer.*

2.5 Energi Permukaan γ (*Surface Energy*)

Permukaan padatan dan cairan memiliki karakteristik khusus karena permukaan menunjukan terminasi fase. Atom di bagian dalam permukaan padat akan saling berikatan pada segala arah, dan keseimbangan ikatan ini menghasilkan pengurangan energi potensial sistem. Pada permukaan, atom atau molekul tidak berikatan pada semua bagian, atom atau molekul ini hanya berikatan pada satu bagian saja. Dengan demikian terdapat gaya yang tidak seimbang pada permukaan yang menyebabkan atom atau molekul melakukan pemyususnan ulang pada permukaan. Dapat dikatakan bahwa permukaan memiliki kelebihan energi yamg disebut energi permukaan (*surface energy*). Energi permukaan adalah kelebihan energi tiap satuan luas permukaan yang disebabkan karena ikatan pada permukaan yang tidak sempurna. Satuan energi permukaan adalah $J.m^{-2}$ (Chawla, 2012). Penurunan persamaan energi permukaan dari kerja adalah sebagai berikut:

$$dW = dG = \gamma . L . dx = \gamma . dA$$

$$dG = \gamma . dA$$

$$\gamma = \frac{dG}{dA} \qquad \text{(Pers. 1)}$$

Keterangan:

dW : Kerja / Usaha (J)

dG : Energi bebas Gibbs (J)

γ : Energi Pemukaan ($J.m^{-2}$)

dA : Perubahan luas (m^2)

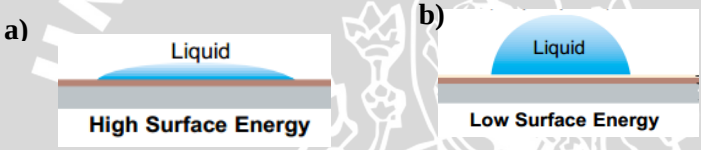
(Hansen, 2004)

Tegangan permukaan (*surface tension*) adalah kecenderungan untuk meminimalkan total energi permukaan dengan memperkecil luas permukaan. Energi permukaan dan tegangan permukaan secara

numerik bernilai sama untuk bahan isotropik. Tegangan permukaan memiliki satuan N/m, dimana sama dengan $J.m^{-2}$. Hal ini tidak berlaku untuk bahan anisotropik. Apabila terdapat sebuah luas A dengan energi permukaan γ, jika luas ditambah dalam ukuran kecil, kerja yang dilakukan tiap satuan luas dapat ditulis sebagai:

$$\frac{d(A\gamma)}{dA} = \gamma + \frac{\partial \gamma}{\partial A} \qquad \text{(Pers. 2)}$$

Nilai $\frac{\partial \gamma}{\partial A}$ adalah nol untuk cairan karena atom atau molekul pada cairan dalam keadaan bergerak. Struktur permukaan cairan tidak berubah ketika luas permukaan ditambah. Sehingga, tegangan permukaan dan energi permukaan pada cairan memiliki nilai yang sama (Chawla, 2012).



Gambar 2. 8 Ilustrasi pengaruh energi permukaan (*surface energy*) terhadap kontak antarmuka dua permukaan

Energi pada permukaan padatan digunakan untuk membentuk permukaan baru, yaitu luasan yang terdiri dari banyak atom. Karena atom pada permukaan mempunyai energi yang tidak terpakai, maka atom- atom tersebut berinteraksi satu sama lain dengan atom pada padatan lain dan lingkungan. Energi bebas permukaan mempengaruhi ikatan adhesi pada atom padatan lain. Permukaan dengan energi permukaan besar akan mengikat lebih kuat (gambar 2.8) (Bhushan, 2013).

BAB III
METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2012 sampai dengan Agustus 2013. Deposisi lapisan ZnPc dilakukan di Laboratorium Biofisika FMIPA UB. Pengamatan lapisan ZnPc menggunakan mikroskop optik dilakukan di Laboratorium Fisika Material FMIPA UB. Pengamatan lapisan ZnPc menggunakan SEM dilakukan di Laboratorium Sentra Ilmu Hayati (LSIH) UB.

3.2 Alat dan Bahan

Alat utama yang digunakan pada penelitian ini antara lain, evaporator vakum, multimeter digital, power supply, *thermocople*, timbangan digital Mettler, *magnetic stirer-hot plate* Cole Parmer, oven, *spin coater* VTC-100, *ultrasound cleaner* Digital Pro, SEM, pipet ukur, mikro pipet, dan kertas saring.

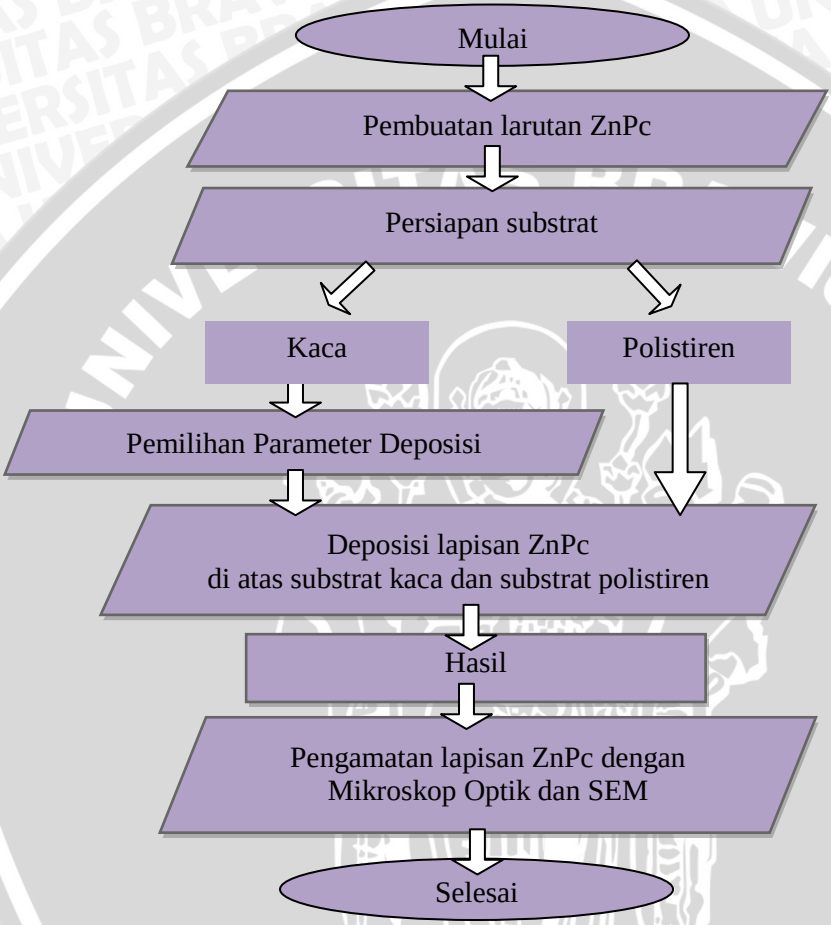
Bahan utama pada penelitian ini adalah *cover glass* 2x2 cm, ZnPc, DMF, alkohol, toluen, etanol 75%, dan aquades.

3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap sebagai berikut:

1. Pembuatan larutan ZnPc.
2. Persiapan substrat kaca dan substrat polistiren.
3. Pemilihan parameter deposisi larutan ZnPc di atas substrat kaca.
4. Deposisi lapisan ZnPc di atas substrat kaca dan substrat polistiren..
5. Pengamatan lapisan ZnPc dengan Mikroskop Optik.
6. Pengamatan morfologi lapisan ZnPc dengan SEM.
7. Pengamatan komponen penyusun lapisan ZnPc dengan SEM EDX.

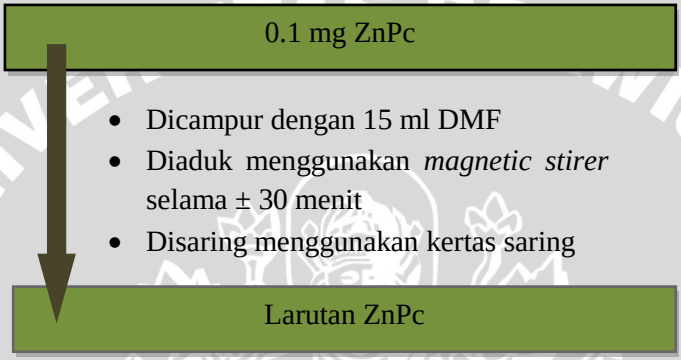
Tahapan penelitian dalam bentuk skema ditunjukkan pada gambar 3.1 sebagai berikut



Gambar 3. 1 Skema penelitian

3.3.1 Pembuatan Larutan

Pembuatan larutan ZnPc dimulai dengan menimbang ZnPc sebanyak 0,1 mg menggunakan timbangan mettler. Kemudian, bahan ini dicampur dengan 15 ml pelarut DMF. Campuran ZnPc dan DMF diaduk menggunakan *magnetic stirer* selama ± 30 menit. Campuran yang telah diaduk kemudian disaring menggunakan kertas saring.



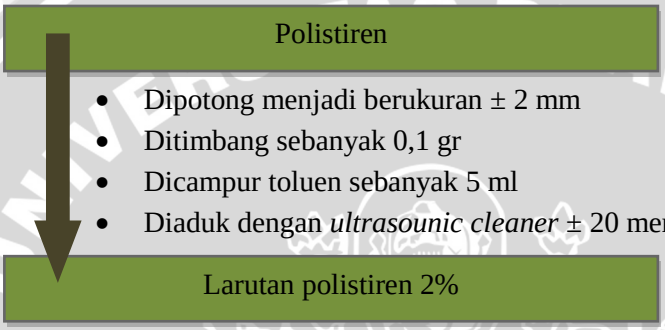
Gambar 3. 2 Diagram alir pembuatan larutan ZnPc

3.3.2 Persiapan Substrat Kaca dan Substrat Polistiren

Gambar 3. 3 Diagram alir persiapan substrat kaca

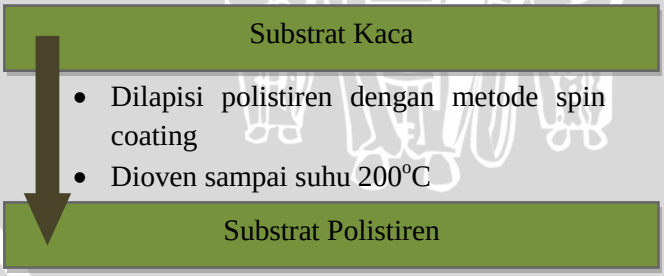
Langkah pertama yang dilakukan adalah mencuci *cover glass* dengan sabun. Kemudian *cover glass* dibilas dengan air sampai

bersih. Setelah itu *cover glass* dicelupkan ke dalam aquades dan etanol 75% secara berturut-turut. Langkah selanjutnya adalah mengeringkan *cover glass*. *Cover glass* dikeringkan menggunakan *hair dryer* sampai tidak terdapat bintik air dipermukaannya. Dipastikan tangan tidak menyentuh permukaan *cover glass* ketika mencelupkan dan mengeringkan, supaya tidak terdapat bekas jari di permukaan tersebut.



Gambar 3. 4 Diagram alir pembuatan larutan polistiren

Pembuatan substrat polistiren diawali dengan membuat larutan polistiren. Larutan yang digunakan adalah larutan polistiren dengan konsentrasi 2%. Larutan ini dibuat dengan melarutkan 0,1 gr polistiren dalam 5 ml toluen. Kemudian campuran ini diaduk menggunakan *ultrasounic cleaner* selama ± 20 menit. Diagram alir pembuatan larutan polistiren ditunjukan pada gambar 3.4.

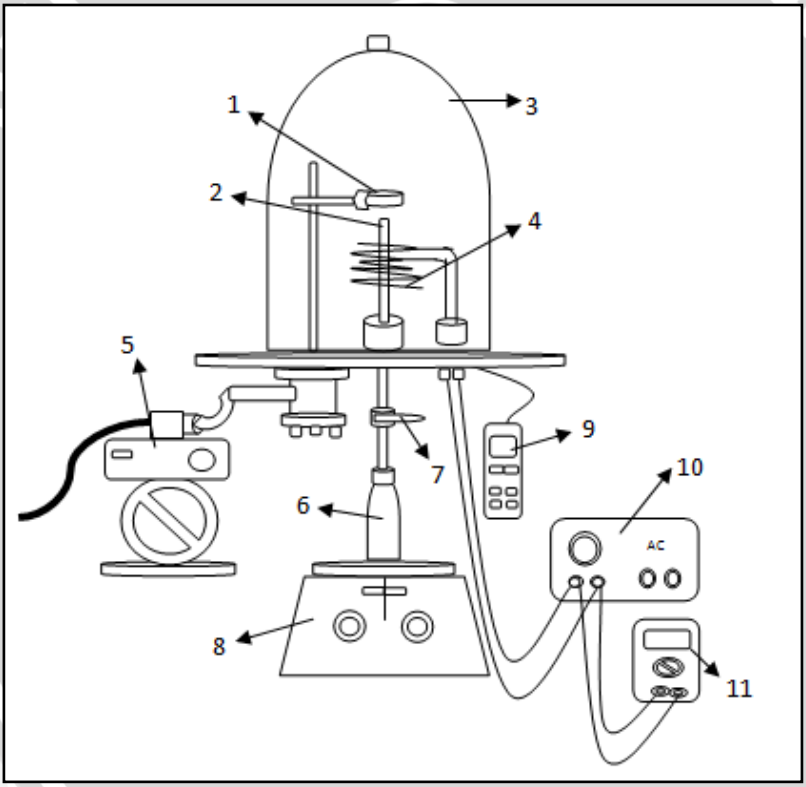


Gambar 3. 5 Diagram alir substrat polistiren

Substrat polistiren dibuat dengan mengcoating lapisan polistiren di atas substrat kaca menggunakan metode *spin coating*. Substrat kaca diletakkan pada substrat *holder spin coater* dan diatur waktu *pre coating* (T_1) selama 5 s, waktu coating (T_2) selama 60 s, dan laju putar (ω) sebesar 3000 rpm, setelah itu *spin coater* dinyalakan. Saat spin coater telah menyala selama ± 5 s, substrat kaca ditetesi larutan polistiren sebanyak 20 µl menggunakan mikropipet. Setelah *spin coater* mati, substrat kaca yang telah dilapisi polistiren dioven sampai mencapai suhu 200^{o}C.

3.3.3 Deposisi Larutan ZnPc

3.3.3.1 Evaporator Vakum



Gambar 3. 6 Sistem Evaporator Vakum

Keterangan:

1. Substrat *holder*
2. Nozzle
3. Penutup vakum
4. Kawat kumaran
5. Pompa
6. Evaporan
7. Kran pipa
8. Hot plate
9. *Thermocouple*
10. *Power supply*
11. Multimeter

Gambar 3.6 merupakan ilustrasi gambaran sistem evaporator vakum yang digunakan. Sistem evaporator vakum tersusun atas ruang vakum, pipa, penutup, *power supply*, sumber evaporator (evaporan) dan pompa vakum. Ruang vakum ditutup oleh penutup vakum yang terbuat dari kaca dengan ketebalan kurang lebih 1 cm. Di dalam ruang vakum terdapat substrat *holder*, nozzle, dan kumparan. Substrat *holder* berfungsi sebagai tempat substrat. Nozzle mimiliki lubang kecil dan berfungsi sebagai tempat keluarnya uap dari evaporan. Kumparan berfungsi memberikan panas pada nozzle untuk memberikan daya pada uap yang melewati nozzle sehingga dapat keluar menuju ruang vakum. Pompa vakum berfungsi untuk menyedot udara dalam ruang evaporator agar menjadi vakum. Tekanan di dalam ruang vakum kurang lebih 10^{-3} torr. *Power supply* berfungsi memberikan daya supaya kumparan memanas. Evaporan adalah tempat laruta yang akan dievaporasi.

Evaporator dihubungkan dengan alat pengukuran seperti multimeter digital dan *thermocouple* serta pemanas sumber evaporator yaitu *hot plate*. Multimeter digital digunakan untuk menampilkan tegangan listrik yang diberikan pada nozzle. *Thermocouple* digunakan untuk mengukur suhu pada nozzle. *Hot plate* digunakan untuk memberikan panas pada sumber evaporator sehingga larutan dapat menguap.

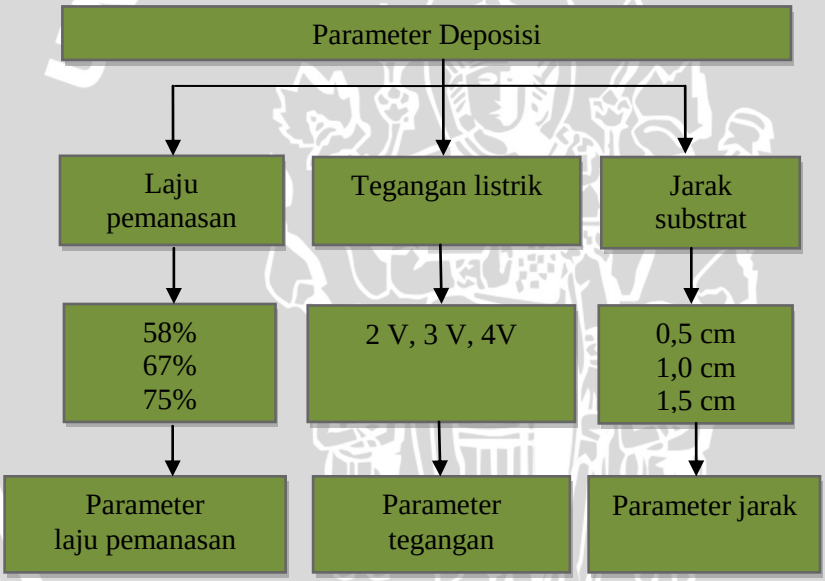
Evaporator vakum ini digunakan untuk mengevaporasi sumber berupa larutan. Evaporan berupa botol dengan ukuran 15 ml. Larutan diletakkan pada evaporan sejumlah yang diinginkan. Kemudian substart diletakkan pada substrat *holder*. Ketika akan dimulai evaporasi, dipastikan kran dalam keadaan tertutup dan pompa vakum mulai dinyalakan. Saat ruangan telah vakum, kurang lebih setelah 5

menit pompa vakum dinyalakan, *power supply* dinyalakan pada tegangan yang diinginkan untuk memberikan panas pada nozzle. Setelah suhu pada *thermocople* meter menunjukkan suhu yang sama dengan suhu uap larutan yang dievaporasi, *hot plate* dinyalakan dan panasnya diatur sesuai yang diinginkan. Ketika dipanaskan, larutan akan menguap dan uap tersebut naik akibat perbedaan tekanan antara sumber evaporasi dan ruang vakum. Kemuadian ketika sampai di nozzle, uap mendapat tekanan dari panas yang diberikan kumparan. Hal ini menyebabkan uap naik dan terdeposisi pada substrat sehingga terbentuklah lapisan.

Gambar 3. 7 Diagram alir proses deposisi dengan metode evaporasi

3.3.3.2 Pemilihan parameter deposisi

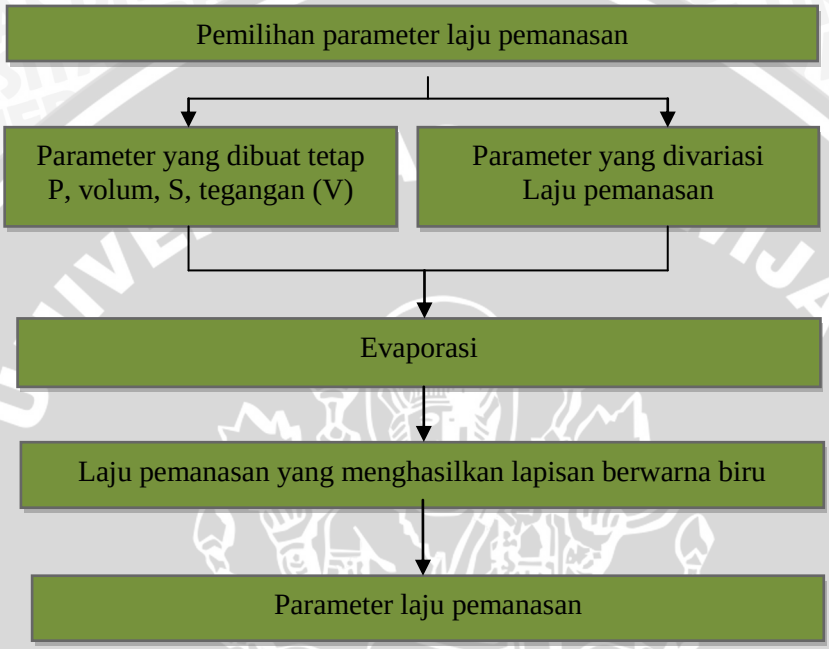
Pemilihan parameter deposisi dilakukan dengan medeposisikan larutan di atas substrat kaca. Parameter deposisi yang ditentukan adalah tegangan listrik pada kumparan (V), jarak subtrat (S), dan laju pemanasan. Variasi tegangan kumparan yang diberikan adalah sebesar 2V, 3V, dan 4V. Variasi jarak substrat yang diberikan adalah sebesar 0,5 cm, 1,0 cm, dan 1,5 cm. Variasi laju pemanasan yang ditransferkan oleh *hot plate* sebesar 58%, 67%, dan 75%. Nilai tegangan listrik (V), jarak substrat (S), dan laju pemanasan yang menghasilkan lapisan berwarna biru digunakan sebagai parameter deposisi larutan ZnPc. Variasi ini menghasilkan nilai parameter deposisi yaitu parameter tegangan, parameter jarak, dan parameter laju pemanasan.



Gambar 3. 8 Skema pemilihan parameter deposisi

Parameter yang dibuat tetap saat menentukan parameter laju pemanasan adalah parameter tekanan vakum (P), volum evaporan sebesar 2 ml, jarak substrat sebesar 1 cm, dan tegangan listrik yang diberikan pada kumparan sebesar 3 V. Parameter laju pemanasan divariasi sebesar 58%, 67%, dan 58%. Parameter laju pemanasan

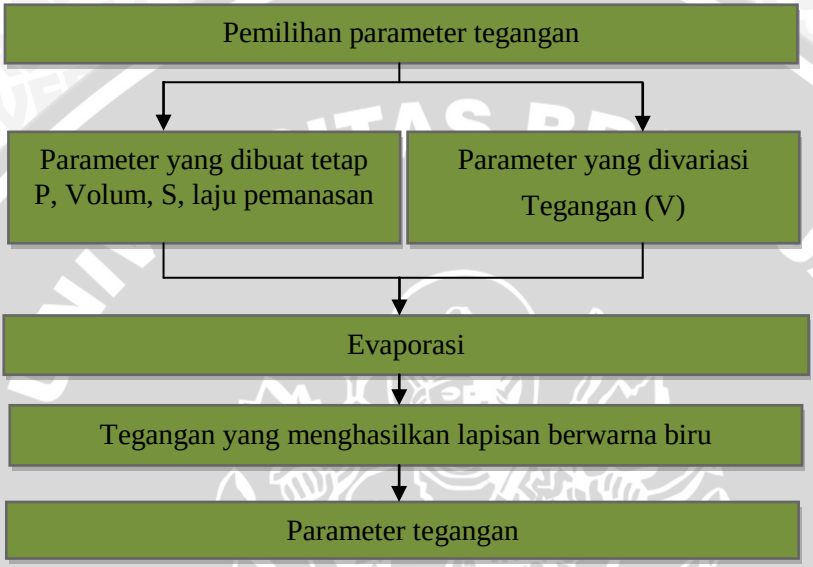
yang menghasilkan lapisan berwarna biru digunakan sebagai parameter laju pemanasan untuk deposisi larutan ZnPc.



Gambar 3. 9 Skema pemilihan parameter laju pemansan

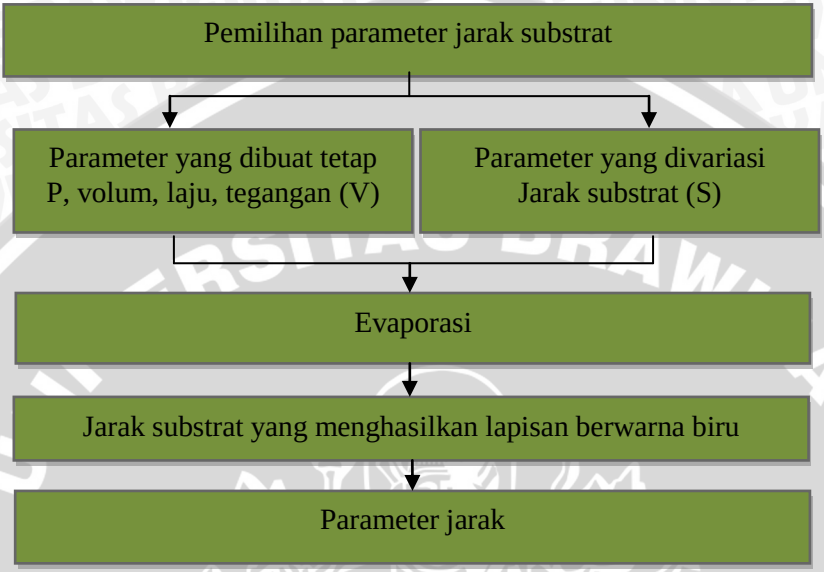
Parameter deposisi yang dibuat tetap ketika menentukan parameter tegangan adalah tekanan ruang vakum (P), volum evaporan, jarak substrat (S), dan laju pemanasan. Tekanan ruang vakum sebesar ± 10^{-3} torr, volum evaporan sebesar 2 ml, jarak substrat sebesar 0,5 cm, dan laju pemanasan sebesar 58%. Setelah parameter tersebut diatur, penutup vakum dipasang. Pompa vakum dinyalakan, setelah 5 menit *power supply* dinyalakan pada tegangan 2V. Saat suhu pada *thermocouple* menunjukan angka 153^{o}C, suhu ini merupakan titik uap DMF, kran pipa dibuka. Dicatat waktu mulai kran dibuka sampai dengan larutan habis tereveporasi. Setelah larutan habis, pompa vakum dimatikan dan dilanjutkan dengan menghetikan tegangan listrik. Ruang vakum dibuka dan substrat kaca yang telah terlapisi diambil dari substrat *holder*. Sample ini

diletakkan pada wadah substrat yang tertutup. Langkah-lankah tersebut diulangi dengan mengubah-ubah nilai tegangan sebesar 3 V dan 4 V. Nilai tegangan yang menghasilkan lapisan berwarna biru pada substrat digunakan sebagai nilai parameter tegagan.



Gambar 3. 10 Skema pemilihan parameter tegangan

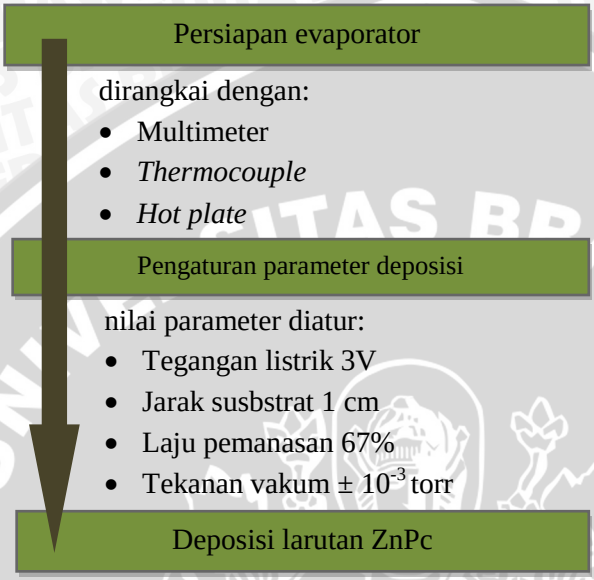
Pemilihan parameter jarak substrat dilakukan dengan mengubah-ubah jarak substrat. Jarak substrat berturut-turut diubah menjadi 0,5 cm, 1,0 cm, dan 1,5 cm. Parameter yang dibuat tetap adalah parameter tekanan vakum, tegangan listrik yang diberikan pada kumparan sebesar 3 V, laju pemanasan sebesar 58%, Jarak substrat yang menghasilkan lapisan berwarna biru secara kasat mata dipilih sebagai nilai parameter jarak substrat.



Gambar 3. 11 Skema pemilihan parameter jarak substrat

3.3.3.3 Deposisi lapisan ZnPc di atas substrat kaca dan substrat polistiren

Tahap pertama yang dilakukan adalah mempersiapkan evaporator dan mengatur parameter-parameter yang digunakan. Evaporator dihubungkan dengan multimeter, *thermocouple* meter, dan *hot plate*. Parameter deposisi yang diatur meliputi tekanan ruang vakum, tegangan listrik yang diberikan pada kumparan oleh *power supply* sebesar 3V, jarak substrat sebesar 1 cm, dan laju pemanasan yang ditransferkan *hot plate* sebesar 67%. Laju pemanasan diatur dengan memutar tombol *hot plate* pada putaran ke-8. Penutup vakum dibersihkan menggunakan aquades dan etanol agar ruang vakum steril, dan substrat diletakkan pada substrat *holder*.



Gambar 3. 12 Diagram alir deposisi larutan ZnPc

3.3.4 Pengamatan Lapisan ZnPc dengan Mikroskop Optik

Substrat yang telah dideposisi diamati menggunakan mikroskop optik. Pengamatan ini dilakukan untuk mengamati adanya lapisan ZnPc secara kasat mata, yang diindikasikan dengan adanya lapisan berwarna biru. Selain itu, pengamatan ini dilakukan untuk mengetahui sebaran dari lapisan warna biru yang terdeposisi.

3.3.5 Pengamatan Lapisan ZnPc dengan SEM dan Sem EDX

Pengamatan menggunakan SEM digunakan untuk mengetahui morfologi lapisan ZnPc dalam skala mikroskopis. Pengamatan menggunakan SEM EDX dilakukan untuk memastikan bahwa lapisan berwarna biru yang terdeposisi merupakan lapisan ZnPc. Hal ini ditandai dengan mengetahui kompoisi unsur penyusun lapisan ZnPc yang teramati menggunakan SEM EDX.. Hasil pengamatan ini digunakan untuk membuktikan bahwa lapisan berwarna biru adalah lapisan ZnPc.

3.3.6 Analisa Hasil

Analisa hasil dilakukan dengan mengamati hasil foto mikroskop optik, SEM, dan SEM EDX. Dari hasil mikroskop optik diamati ada tidaknya lapisan berwarna biru dan bagaimana sebaran lapisan berwarna biru yang terbentuk. Kemudian untuk memastika bahwa lapisan berwarna biru adalah lapisan ZnPc, maka dilakukan pengamatan lebih lanjut menggunakan SEM EDX dari kompoisi lapisan penyusun lapisannya. Morfologi lapisan secara mikroskopis juga dimati menggunakan SEM. Setelah semua pengamatan tersebut dilakukan maka dianalisa kemudian diambil kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah yang telah dibuat.

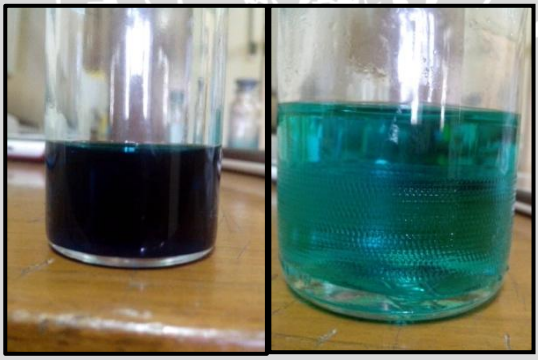
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sintesis Larutan ZnPc dengan DMF

Zinc Phthalocyanine (ZnPc) mengalami agregasi ketika dilarutkan dalam air sehingga sulit untuk larut. Salah satu pelarut yang dapat melarutkan ZnPc adalah *dimethylformamide* (DMF) (Herbest, 2003). DMF dapat mengurangi agregasi pada ZnPc.

Pada penelitian ini, ZnPc yang dilarutkan menggunakan DMF masih mengandung endapan. Gambar 4.1 (a) menunjukkan larutan ZnPc sebelum disaring. Larutan ini terlihat pekat dan jika didiamkan akan membentuk endapan di dasar botol. Adanya endapan ini disebabkan karena jumlah ZnPc yang dilarutkan lebih banyak dari kemampuan maksimal DMF untuk melarutkannya, sehingga terdapat serbuk ZnPc yang tidak larut dan cenderung terkonsentrasi. Endapan yang terdapat pada larutan dipisahkan dengan cara menyaring larutan menggunakan kertas saring agar didapatkan larutan tanpa endapan. Larutan yang telah disaring ditunjukkan pada gambar 4.1 (b). Gambar tersebut memperlihatkan bahwa larutan setelah disaring lebih bening dan encer dibandingkan sebelum disaring. Secara kasat mata tidak terdapat endapan meski larutan didiamkan.



(a) (b)

Gambar 4. 1 Larutan ZnPc (a) sebelum disaring (b) setelah disaring

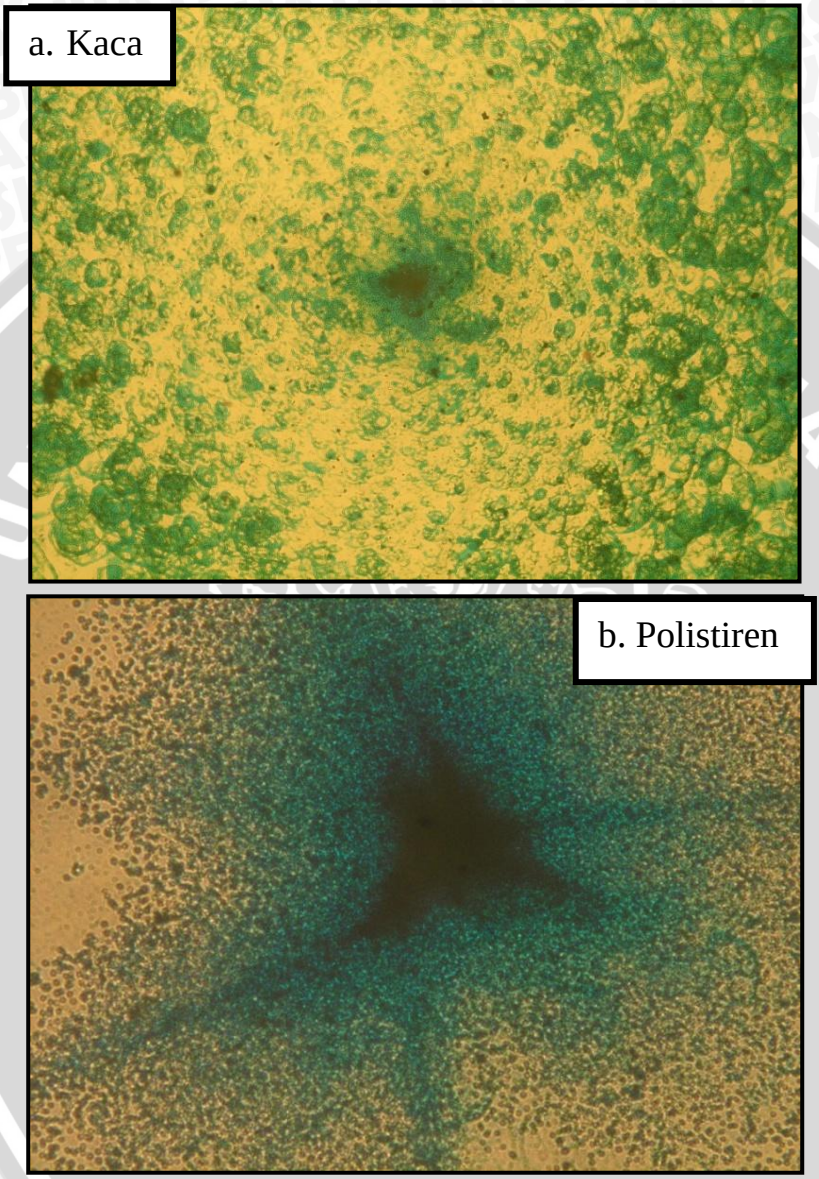
4.2 Pengaruh Substrat terhadap Morfologi Pemukaan ZnPc

Pada proses pembentukan lapisan dan pelapisan harus dipertimbangkan kemapuan tumbuhnya lapisan tersebut pada substrat. Karakteristik substrat akan menentukan pembentukan lapisan (Pauleau, 2006). Oleh sebab itu, dalam penumbuhan lapisan perlu mempertimbangkan jenis substrat yang akan digunakan.

Kaca dan polistiren yang digunakan sebagai substrat pada proses deposisi menghasilkan morfologi lapisan yang berbeda. Hasil deposisi lapisan tersebut apabila diamati menggunakan mikroskop optik terlihat pada gambar 4.2. Gambar 4.2 menunjukkan informasi sebagaimana berikut ini.

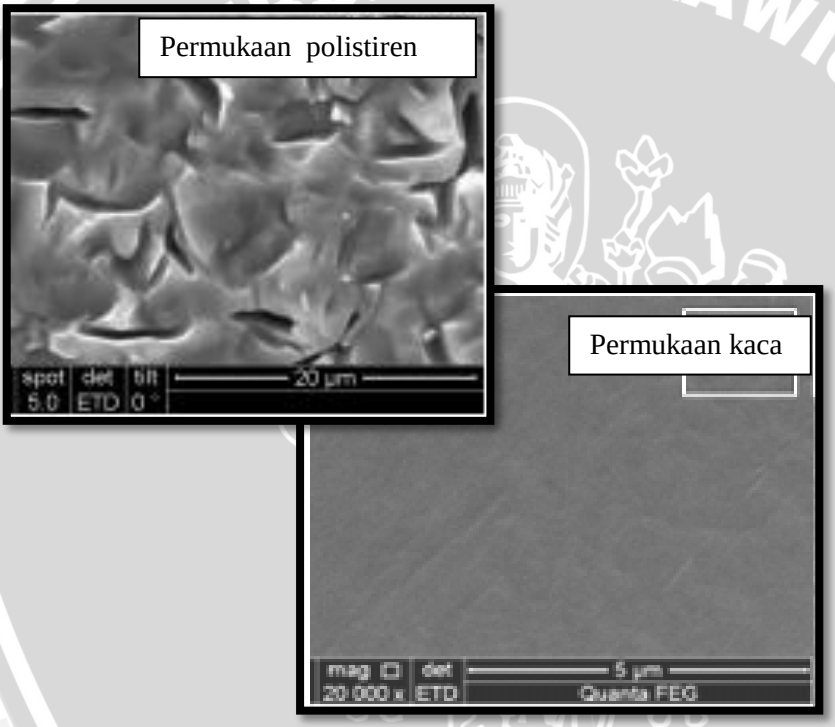
a. Adanya lapisan warna biru yang terdeposisi di kedua substrat,
b. Perbedaan sebaran lapisan warna biru, dan
c. Perbedaan luasan permukaan (*surface area*) lapisan warna biru.

Lapisan berwarna biru yang ditunjukkan gambar 4.2 mengindikasikan lapisan ZnPc yang terdeposisi. Hal ini dapat dibuktikan dengan dilakukan pengamatan komponen penyusun lapisan menggunakan SEM EDX. Apabila hasil dari SEM EDX tersebut sesuai dengan komponen penyusun ZnPc, yaitu $C_{32}H_{16}N_8Zn$, maka lapisan berwarna biru tersebut terbukti sebagai lapisan ZnPc. Hasil SEM EDX dibahas pada subbab 4.3.



Gambar 4. 2 Pengaruh substrat (a) kaca dan (b) polistiren terhadap morfologi permukaan ZnPc hasil analisis dengan mikroskop optik perbesaran 100x

Perbedaan sebaran lapisan warna biru yang terdeposisi ditunjukan pada gambar 4.2. Perbedaan ini disebabkan karena kedua substrat memiliki keadaan permukaan yang berbeda. Secara fisik kaca dan polistiren memiliki sifat yang hampir sama, yaitu transparan dan keras (S.P Sakti, 1998). Namun, permukaan substrat polistiren lebih kasar dan berongga daripada permukaan kaca (gambar 4.3). Gambar 4.3 menunjukan bahwa permukaan polistiren memiliki rongga sehingga terlihat kasar dibandingkan permukaan kaca.

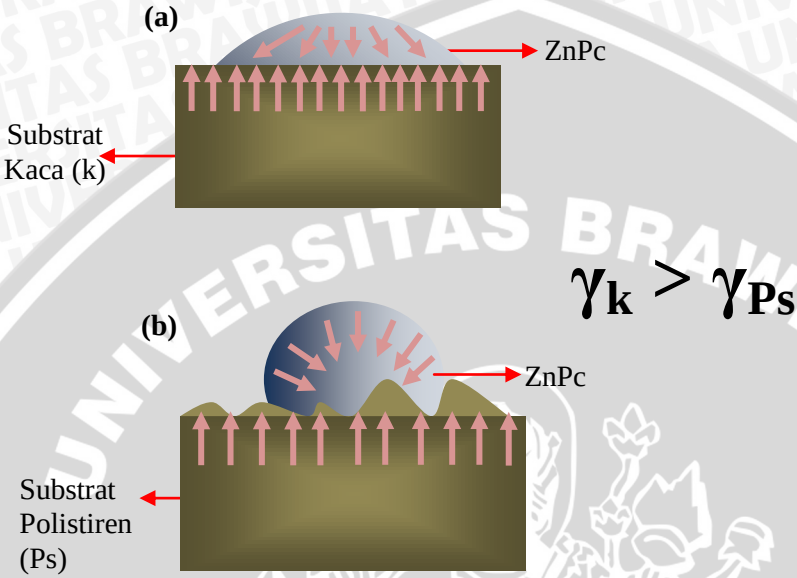


Gambar 4. 3 Perbedaan morfologi permukaan substrat polistiren (S. P. Sakti, 2012) dan substrat kaca (Stella Kiel, 2012)

Permukaan substrat yang tidak rata atau berongga (*roughness*) menyebabkan atom-atom sulit berpindah ketika tiba di permukaan substrat, karena atom-atom tersebut terperangkap pada bagian yang berongga (Pauleau, 2006). Permukaan substrat yang rata

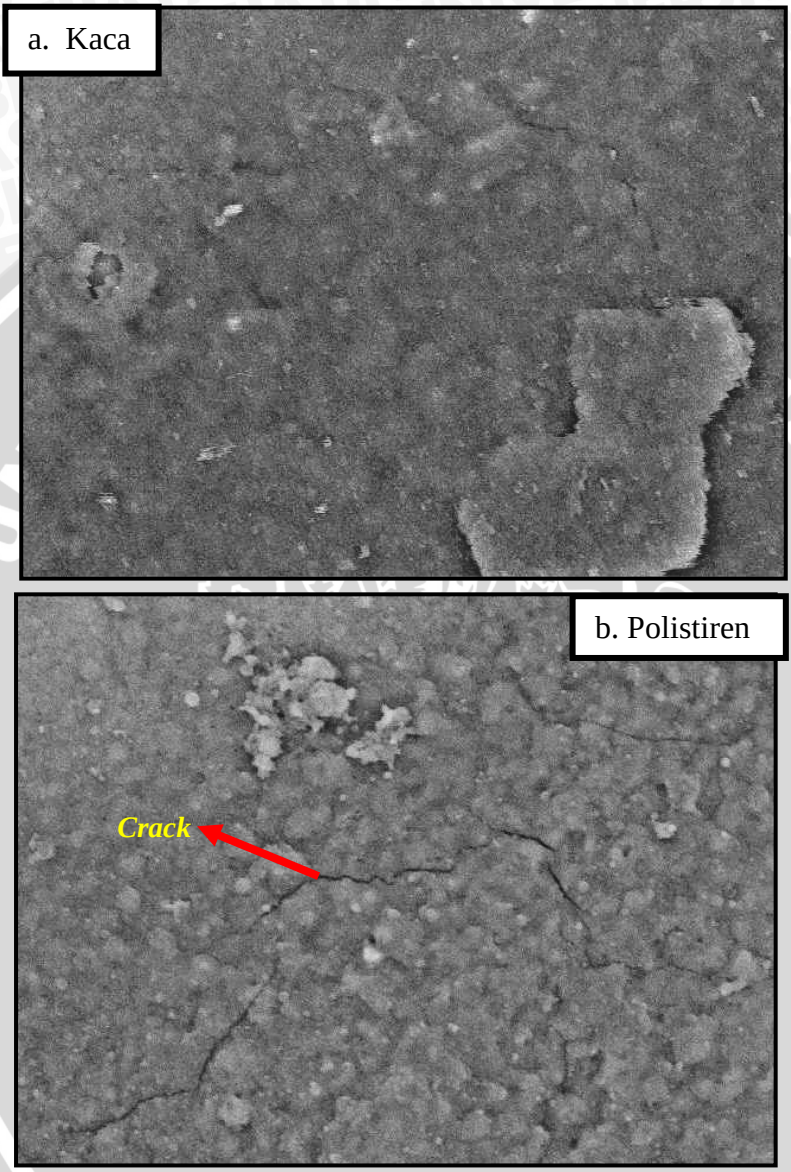
menyebabkan atom-atom dapat berpindah ke bagain lain di permukaan substrat, sehingga atom-atom dapat bergeser dan akhirya menyebar pada posisi tertentu. Hal ini yang menyebabkan lapisan warna biru di atas substrat kaca terdeposisi menyebar (gambar 4.3 a) dan di atas substrat polistiren cenderung terkonsentrasi pada bagian tertentu (gambar 4.3 b).

Pengamatan menggunakan mikroskop optik juga menunjukan perbedaan luasan permukaan (*surface area*) lapisan warna biru. Luas permukaan (*surface area*) lapisan di atas substrat kaca lebih besar daripada luas permukaan (*surface area*) lapisan di atas substrat polistiren. Hal ini disebabkan oleh perbedaan energi permukaan (γ) yang dimiliki substrat kaca dan substrat polistiren. Energi permukan substrat kaca (γ_k = 500 dyn/cm^2) lebih besar daripada energi permukaan substrat polistiren (γ_p = 30-40 dyn/cm^2) (Suresh G. Advani, 2004). Semakin besar energi permukaan, semakin besar gaya adhesinya. Gaya adhesi adalah gaya tarik menarik antar molekul tak sejenis. Gaya ini menyebabkan molekul ZnPc mengalami gaya tarik menarik dengan molekul substrat kaca dan substrat polistiren. Substrat kaca memiliki gaya adhesi lebih besar daripada substrat polistiren. Gaya adhesi yang lebih besar pada substrat kaca menyebabkan molekul ZnPc cenderung berikatan dengan substrat kaca daripada berikatan dengan molekul sesamanya. Kecenderungan ini menyebabkan terbentuknya luasan permukaan yang lebih besar di atas substrat kaca. Sebaliknya, molekul ZnPc di atas substrat polistiren cenderung berikatan dengan molekul sesamanya daripada berikatan dengan molekul substrat polistiren, sehingga terbentuk luasan permukaan yang kecil di atas substrat polistiren. Perbedaan luas permukaan diilustrasikan pada gambar 4.4 (a) dan (b). Tanda panah pada gambar menunjukkan arah tarikan molekul ZnPc, substrat kaca, dan substrat polisiren akibat gaya adhesi.



Gambar 4. 4 Deposisi partikel di atas substrat (a) kaca (b) polistiren.

Perbedaan luasan permukaan yang teramati pada mikroskop optik terbukti oleh hasil pengamatan secara mikroskopis menggunakan SEM (gambar 4.5). Gambar ini menunjukan ukuran butir yang berbeda pada substrat yang berbeda. Lapisan di atas substrat kaca (gambar 4.5 a) menunjukkan ukuran butir yang lebih besar daripada ukuran butir pada lapisan di atas substrat polistiren (gambar 4.5 b). Ukuran butir mengindikasikan luasan permukaan (*surface* area) lapisan yang terdeposisi. Sebelumnya telah dijelaskan, bahwa lapisan di atas substrat kaca memiliki luas permukaan (*surface* area) yang lebih besar daripada luas permukaan (*surface* area) lapisan di atas substrat polistiren. Sehingga, terbukti bahwa luas permukaan (*surface area*) lapisan di atas subarat kaca lebih besar daripada luas permukaan (*surface area*) lapisan di atas substrat polistiren.



Gambar 4. 5 Pengamatan lapisan secara mikroskopis menggunakan SEM di atas substrat (a) kaca dan substrat (b) polistiren. Menunjukan ukuran butir yang berbeda.

Selain ukuran butir yang berbeda, terdapat retakan (*crack*) pada lapisan di atas substrat polistiren. Adanya retakan diduga berasal dari substrat polistiren yang sebelumnya dioven sampai suhu 200^{o}C. Suatu lapisan yang dideposisi pada suhu tinggi kemudian didinginkan, akan mengalami retakan apabila koefisien muai panjang lapisan lebih besar daripada koefisien muai panjang substrat (Z. Cedric Xia, 2000). Polistiren memiliki nilai koefisien muai panjang ($\alpha_{polistiren} = 70 \times 10^{-6}$ m/m K) yang lebih besar daripada koefisien muai panjang kaca ($\alpha_{kaca} = 5{,}9 \times 10^{-6}$ m/m K). Sehingga, ketika dipanaskan terdapat tegangan tarik pada permukaan polistiren yang menyebabkan timbulnya retakan di permukaan polistiren.

4.3 Pengaruh Substrat terhadap Komposisi Lapisan ZnPc

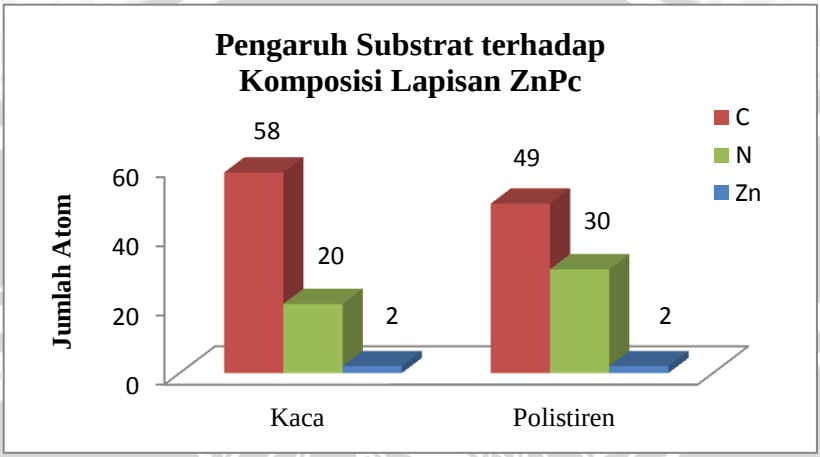
Tabel 4.1 merupakan hasil pengamatan lapisan ZnPc di atas substrat kaca dan substrat polistiren menggunakan SEM EDX. Hasil tersebut menunjukan prosentase berat unsur penyusun ZnPc, yaitu unsur C,N, dan Zn, yang terdeteksi pada lapisan ZnPc. Prosentase berat unsur ini digunakan untuk menentukan nilai x, y, dan z menggunakan persamaan pada lampiran berdasarkan rumus molekul ZnPc yaitu $C_{32}H_{16}N_8Zn$. Nilai x,y, dan z berturut-turut merupakan jumlah unsur C, N, dan Zn penyusun ZnPc, dituliskan $C_xN_yZn_z$.

Tabel 4.1 Hasil pengamatan lapisan menggunakan SEM EDX

Substrat	% Weight		
	C	N	Zn
Kaca	61,2	24,9	13,9
Polistiren	51,8	36,7	11,6

Gambar 4.6 menunjukkan perbandingan jumlah unsur C, N, dan Zn yang terdapat pada substrat kaca dan substrat polistiren. Terlihat bahwa perbandingan jumlah atom yang terdeteksi tidak sesuai dengan jumlah atom ZnPc, yaitu 32:8:1. Namun, perbandingan jumlah atom di atas sudah memenuhi perbandingan jumlah atom ZnPc. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa lapisan warna biru pada gambar 4.2 yang terdeteksi sebelumnya merupakan

lapisan ZnPc. Namun, jumlah atom yang terdeteksi di atas substrat kaca dan substrat polistiren lebih banyak jumlahnya daripada jumlah atom ZnPc acuan. Hal ini disebabkan karena komponen penyusun DMF (C_3H_7NO) dan polistiren $(C_8H_8)_n$ ikut terdeteksi.



Gambar 4. 6 Pengaruh substrat terhadap komposisi lapisan ZnPc

Hasil perbandingan kedua substrat, yaitu substrat kaca dan substrat polistiren tidak menunjukan perbedaan komponen penyusun ZnPc yang signifikan. Hasil deteksi hanya menunjukan perbedaan akibat komponen penyusun pelarut dan substrat yang terdeteksi. Sehingga belum dapat disimpulkan pengaruh substrat terhadap komponen penyusun lapisan ZnPc.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V
PENUTUP

5.1 SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. ZnPc dapat dilarutkan menggunakan pelarut DMF karena pelarut ini dapat mengurangi agregasi yang terjadi pada ZnPc.
2. Substrat kaca dan substrat polistiren menyebabkan sebaran dan luas permukaan (*surface area*) lapisan yang berbeda. Lapisan ZnPc terdeposisi menyebar di atas substrat kaca dan memilki luas permukaan (*surface area*) yang lebih besar daripada lapisan di atas substrat polistiren. Lapisan yang terdeposisi di atas substrat polistiren cenderung terkonsentrasi pada bagian tertentu dan memiliki luas permukaan (*surface area*) yang lebih kecil daripada luas permukaan (*surface area*) lapisan di atas substrat kaca.

5.2 SARAN

Disarankan untuk mengembangkan penelitian ini di bidang biosensor khususnya sensor *Quartz Crystal Microbalance* (QCM).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

A.N Yusilawati, M. M., M. S. Hamzah, K.H. Ng and C.S. Wong. 2010. Surface Modification of Polystirene Beads by Ultraviolet/Ozone Treatment and its Effect on Gelatin Coating. *American Journal of Applied Sciences* 7(6).

Bhushan, B. 2013. Introduction to Tribology. New York, John Wiley & Sons Ltd. Second Edition.

Bunshah, R. F. 1982. Deposition Technologies for Films and Coatings:Development and Applications, Noyes Publication.

Chawla, K. K. 2012. Composite Materials Science and Engineering Birmingham, Springer.

Gulnur Keser Karaoglan, G. G., Atif Koca, Ahmet Gul, Ulvi Avciata. 2011. Synthesis and Characterization of Novel Soluble Phthalocyanines with Fused Conjugated Unsaturated Groups. *Dyes and Pigments*. 90: 11-20.

Hansen, F. K. 2004. The Measurement of Surface Energy of Polymers by Means of Contact Angles of Liquids on Solid Surfaces Departement of Chemistry University of Oslo.

Herbest, W., Hunger, K. 2003. Industrial Organic Pigments Production, Properties, Applications. Germany, Wiley-VHC Verlag GmbH & Co. KGa.

Herlambang, B. 2012. Pembuatan *Beam Splitter* dari Lapisan Tipis Aluminium dengan Metoda Evaporasi vakum untuk Alat Bidik Senjata. *Fisika*. Jakarta, Universitas Indonesia. S2.

Mariana da Volta Soares, M. R. O., Elisabete Pereira dos, Santos, Lycia de Brito Gitirana, Gleyce Moreno Barbosa, Carla Holandino Quaresma, Eduardo Ricci-Junior. 2011. Nanostructured Delivery System for Zinc Phthalocyanine: Preparation, Characterization, and Phototoxicity Study Against Human Lung Adenocarcinoma A549 Cells. *International Journal of nanomedicine*.

Meissel L.I, C. R. 1970. Handbook of Thin Film Technology. New York, Mc Graw-Hill.

Mujiarto, I. 2005. Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif *Traksi*. 3(2).

Ogunsipe, A., D. Maree dan T. Nyokong. 2003. Solvent effects on the photochemical and fluorescence properties of zinc

phthalocyanine derivatives. *Journal of Molecular Structure*. 650(1–3): 131-140.

Ohring, M. 2002. Science of Thin Films Deposition & Structure. London, Academic Press.

Pauleau, Y. 2006. Material Surface Processing by Directed Energy Techniques. DOI:

R.E Zeng Acosta, L. T. R., R.J VonGutfeld. 1982. Thin Sol. Film. 131.

S. P. Sakti, D. J. D. H. S., S.N. Saputri and Aulanni'am. 2012. Improvement of Biomolecule Immobilization on Polystirene Surface by Increasing Surface Roughness. *Biosensors & Bioelectronics*. 3.

S. P. Sakti, S. R., R. Lucklum, P. Hauptmann, F. Buhling, S. Ansorge. 1999. Thick Polystirene-Coated Quartz Crystal Microbalance as A Basis of Cost Effective Immunosensor. *Sensors and Actuators*. 76.

S. Senthilarasu, S. V., R. Sathyamoorthy, A. Subbarayan, J. A. Ascencio, G. Caizal, P.J. Sebastian, J. A Chavez, R. Perez. 2003. Characterization of Zinc Phthalocyanine (ZnPc) for Photovoltaic Applications. *Springer-Verlag*.

S.P Sakti, R. R., R. Lucklum, P. Hauptmann, F. Buhling, S. Ansorge. 1998. Thick Polystirene-Coated Quatrz Crystal Microbalance as a Basis of Cost Effective Immunosensor. *Sensors and Actuators*. 76.

Sauerbrey, G. 1959. Verwendung von Schwingquarzen zur Wa¨gung du¨nner Schichten und zur Mikrowa¨gung.

Stella Kiel, O. G., Nina Perkas, Jerome Charmet. 2012. Forming Nanoparticles of Water-Soluble Ionic Molecules and Embedding Them into Polymer and Glass Substrate. *Beilstein Journal of Nanotechnology*. 3.

Suresh G. Advani, Z. D. 2004. Surface and Interfacial Tension Measurement, Theory, and Application. S. Hartland. New York, Marcel Dekker, Inc.

Wicaksono, D. 2000. Mengenal Biosensor dan Generasi Tebaru Biosensor. 31.

Wijayanto, V. R. 2012. Rancang Bangun dan Otomatisasi Sistem Coating dengan Teknik Spray Berbasis PXI 6251 dan Lab View 8.2.1 sebagai Pembuat Lapisan Tipis pada Sensor

QCM (Quartz Crystal Microbalance). *Fisika*. Malang, Universitas Brawijaya. S1.

Z. Cedric Xia, J. W. H. 2000. Crack Pattern in Thin Film. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN 1

Perhitungan Konsentrasi Larutan Polistiren 2%

$$\%\ Zat\ terlarut = \frac{massa\ zat\ terlarut\ (gr)}{\text{Volum larutan}}\ x\ 100\%$$

$$2\% = \frac{massa\ Polistiren}{5\ \text{ml}}\ x\ 100\%$$

$$\text{massa polistiren} = 0{,}1\ \text{gr}$$

LAMPIRAN 2

Perhitungan Jumlah Atom penyusun Lapisan ZnPc di Atas Substrat Kaca

1. Jumlah Atom C

$$\%C = \frac{x\ .\ Ar\ C}{Mr\ C_{32}H_{12}N_8Zn}\ x\ 100\%$$

$$61{,}2 = \frac{x\ .6}{577}\ 100\%$$

$$x = 58$$

2. Jumlah Atom N

$$\%N = \frac{x\ .ArN}{Mr\ C_{32}H_{12}N_8Zn}\ x\ 100\%$$

$$24{,}9 = \frac{y\ .7}{577}\ 100\%$$

$$y = 20$$

3. Jumlah Atom Zn

$$\%Zn = \frac{x\ .ArZn}{Mr\ C_{32}H_{12}N_8Zn}\ x\ 100\%$$

$$13{,}9 = \frac{z\ .30}{577}\ x\ 100$$

$$z = 2$$

Perhitungan Jumlah Atom penyusun Lapisan ZnPc di Atas Substrat Polistiren

1. Jumlah Atom C

$$\%C = \frac{x \,.\, Ar\ C}{Mr\ C_{32}H_{12}N_8Zn}\ x\ 100\%$$

$$51{,}8 = \frac{x\ .6}{577}\ 100\%$$

$$x = 49$$

2. Jumlah Atom N

$$\%N = \frac{x\ .ArN}{Mr\ C_{32}H_{12}N_8Zn}\ x\ 100\%$$

$$36{,}7 = \frac{y\ .7}{577}\ 100\%$$

$$y = 30$$

3. Jumlah Atom Zn

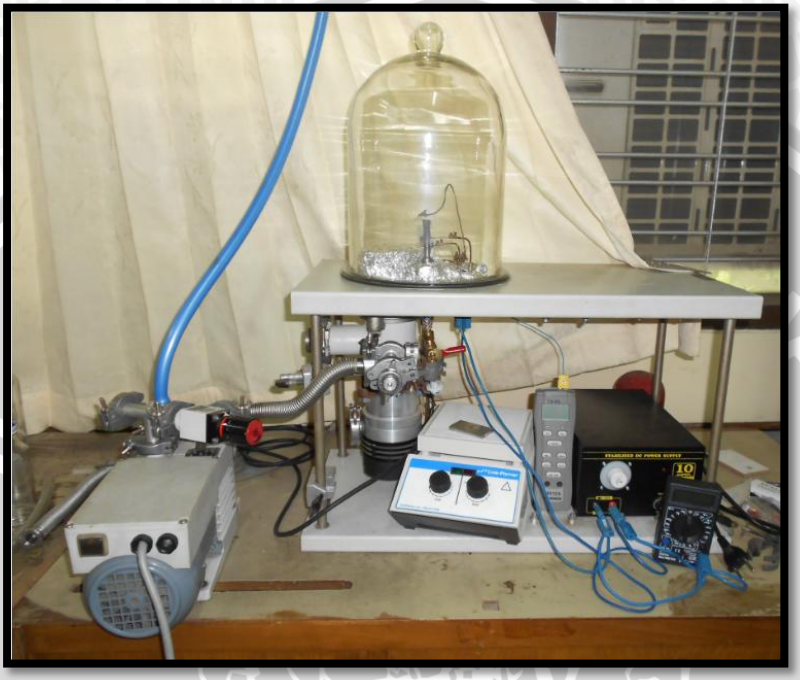
$$\%Zn = \frac{x\ .ArZn}{Mr\ C_{32}H_{12}N_8Zn}\ x\ 100\%$$

$$11{,}6 = \frac{z\ .30}{577}\ x\ 100$$

$$z = 2$$

LAMPIRAN 3

Alat dan Bahan



Evaporator

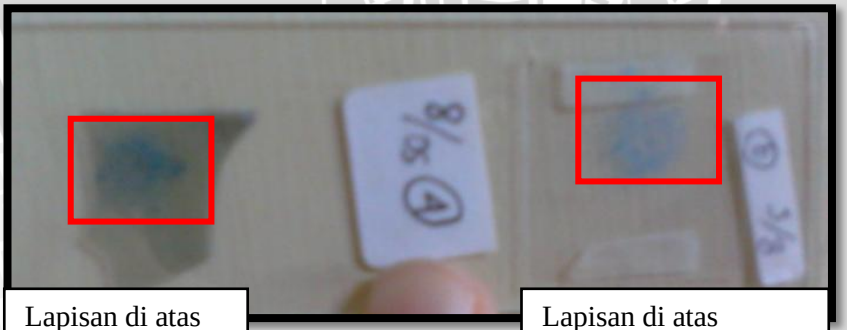
Evaporan

Evaporan di atas *hot plate*

Hot Plate-Magnetic Stirer *Ultrasonic Cleaner*

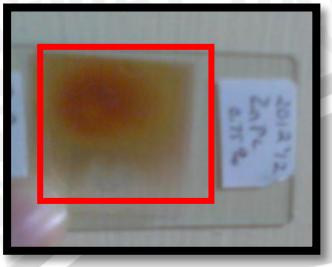
Spin Coater Desikator

Lapisa ZnPc

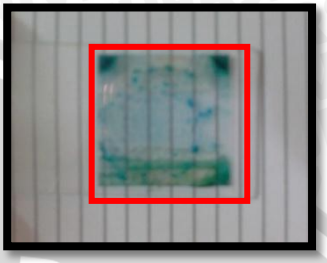


Lapisan di atas Substrat Kaca

Lapisan di atas Substrat Polistiren



Lapisan hasil deposisi pada tegangan 4V



Lapisan hasil deposisi pada laju pemanasan 75%

Wadah Substrat