



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi

PENCIRIAN MORFOLOGI, OPTIK DAN STRUKTUR
UNTUK FILEM NIPIS HIBRID POLIMER
P3HT/PARTIKEL-PARTIKEL
NANO CdS DAN CdSe



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi

AZYUNI BINTI AZIZ

UNIVERSITI PENDIDIKAN SULTAN IDRIS
2021



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi

PENCIRIAN MORFOLOGI, OPTIK DAN STRUKTUR UNTUK FILEM
NIPIS HIBRID POLIMER P3HT/PARTIKEL-PARTIKEL
NANO CdS DAN CdSe

AZYUNI BINTI AZIZ



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi

DISERTASI DIKEMUKAKAN BAGI MEMENUHI SYARAT UNTUK
MEMPEROLEH IJAZAH SARJANA SAINS (FIZIK)
(MOD PENYELIDIKAN)

FAKULTI SAINS DAN MATEMATIK
UNIVERSITI PENDIDIKAN SULTAN IDRIS
2021



05-4506832



pustaka.upsi.edu.my



Perpustakaan Tuanku Bainun
Kampus Sultan Abdul Jalil Shah



PustakaTBainun



ptbupsi

UPI/IPS-3/BO 32
Pind : 00 m/s: 1/1UNIVERSITI
PENDIDIKAN
SULTAN IDRIS
الجامعة الإسلامية
SULTAN IDRIS EDUCATION UNIVERSITY

Sila tanda (✓)

Kertas Projek

Sarjana Penyelidikan

Sarjana Penyelidikan dan Kerja Kursus

Doktor Falsafah

✓

INSTITUT PENGAJIAN SISWAZAH

PERAKUAN KEASLIAN PENULISAN

Perakuan ini telah dibuat pada 16.....(hari bulan).....JUN..... (bulan) 2020.....

i. Perakuan pelajar :

Saya, AZYUNI BINTI AZIZ, N20122002046, FAKULTI SAINS DAN MATEMATIK (SILA NYATAKAN NAMA PELAJAR, NO. MATRIK DAN FAKULTI) dengan ini mengaku bahawa disertasi/tesis yang bertajuk PENCIRIAN MORFOLOGI, OPTIK DAN STRUKTUR UNTUK FILEM NIPIS HIBRID POLIMER P3HT / PARTIKEL - PARTIKEL NANO CDS DAN CDSE

adalah hasil kerja saya sendiri. Saya tidak memplagiat dan apa-apa penggunaan mana-mana hasil kerja yang mengandungi hak cipta telah dilakukan secara urusan yang wajar dan bagi maksud yang dibenarkan dan apa-apa petikan, ekstrak, rujukan atau pengeluaran semula daripada atau kepada mana-mana hasil kerja yang mengandungi hak cipta telah dinyatakan dengan se jelasnya dan secukupnya

Tandatangan pelajar

ii. Perakuan Penyelia:

Saya, PROF. DR. SYED ABDUL MALIK BIN SYED MOHAMMAD (NAMA PENYELIA) dengan ini mengesahkan bahawa hasil kerja pelajar yang bertajuk PENCIRIAN MORFOLOGI, OPTIK DAN STRUKTUR UNTUK FILEM NIPIS HIBRID POLIMER P3HT / PARTIKEL - PARTIKEL NANO CDS DAN CDSE

(TAJUK) dihasilkan oleh pelajar seperti nama di atas, dan telah diserahkan kepada Institut Pengajian Siswazah bagi memenuhi sebahagian/sepenuhnya syarat untuk memperoleh Ijazah SARJANA SAINS (FIZIK) (SLA NYATAKAN NAMA IJAZAH).

29/10/2021

Tarikh

Tandatangan Penyelia



UPSI/IPS-3/BO 31
Pind.: 01 m/s:1/1
**INSTITUT PENGAJIAN SISWAZAH /
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES**
**BORANG PENGESAHAN PENYERAHAN TESIS/DISERTASI/LAPORAN KERTAS PROJEK
DECLARATION OF THESIS/DISSERTATION/PROJECT PAPER FORM**

Tajuk / Title: PENCURIAN MORFOLOGI, OPTIK DAN STRUKTUR UNTUK FILM NIPIS
HIBRID POLIMER P3HT / PARTIKEL - PARTIKEL NANO GDS DAN CPSE

No. Matrik / Matric's No.: M20122002046

Saya / I: AZLUNI BINTI AZIZ

(Nama pelajar / Student's Name)

mengaku membenarkan Tesis/Disertasi/Laporan Kertas Projek (Kedoktoran/Sarjana)* ini disimpan di Universiti Pendidikan Sultan Idris (Perpustakaan Tuanku Bainun) dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

acknowledged that Universiti Pendidikan Sultan Idris (Tuanku Bainun Library) reserves the right as follows:-

1. Tesis/Disertasi/Laporan Kertas Projek ini adalah hak milik UPSI.
The thesis is the property of Universiti Pendidikan Sultan Idris
2. Perpustakaan Tuanku Bainun dibenarkan membuat salinan untuk tujuan rujukan dan penyelidikan.
Tuanku Bainun Library has the right to make copies for the purpose of reference and research.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan Tesis/Disertasi ini sebagai bahan pertukaran antara Institusi Pengajian Tinggi.
The Library has the right to make copies of the thesis for academic exchange.

4. Sila tandakan (✓) bagi pilihan kategori di bawah / Please tick (✓) for category below:-

☐ **SULIT/CONFIDENTIAL**

Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub dalam Akta Rahsia Rasmi 1972. / Contains confidential information under the Official Secret Act 1972

☐ **TERHAD/RESTRICTED**

Mengandungi maklumat terhad yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan ini dijalankan. / Contains restricted information as specified by the organization where research was done.

☒ **TIDAK TERHAD / OPEN ACCESS**

(Tandatangan Pelajar/ Signature)

Tarikh: 25/10/2021

(Tandatangan Penyelia / Signature of Supervisor)
& (Nama & Cop Rasmi / Name & Official Stamp)

SYED ABDUL MALIK SYED MOHAMAD
Prof. Dr
Department of Physics
Faculty of Science and Mathematics
Universiti Pendidikan Sultan Idris
35900 Tanjung Malim, Perak

Catatan: Jika Tesis/Disertasi ini **SULIT @ TERHAD**, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh laporan ini perlu dikelaskan sebagai **SULIT** dan **TERHAD**.

Notes: If the thesis is **CONFIDENTIAL** or **RESTRICTED**, please attach with the letter from the organization with period and reasons for confidentiality or restriction.

PENGHARGAAN

Bismillahirrahmanirahim. Alhamdulillah syukur ke hadrat Allah dengan segala limpahan rahmat, masa, tenaga, semangat dan keizinanNya dapat juga saya menyiapkan kajian ini dengan jayanya.

Pertama saya ingin mengucapkan terima kasih tidak terhingga kepada penyelia utama saya Profesor Syed Abdul Malik Bin Syed Mohamad yang sentiasa membantu saya sepanjang kajian ini dijalankan. Terima kasih juga kerana sentiasa membantu, memberi idea-idea yang bernas dalam penambahbaikan kajian dan tesis saya serta meluangkan masa, memberi nasihat dan semangat untuk saya meneruskan kajian ini. Ucapan terima kasih ini juga ingin saya sampaikan kepada Profesor Madya Dr Shahrul Kadri Bin Ayop sebagai penyelia bersama saya yang juga banyak memberi cadangan, teguran serta idea-idea dalam kajian ini. Penghargaan ini juga ingin saya berikan kepada tajaan biasiswa MyMaster Kementerian Pengajian Tinggi, yang membantu dari segi kewangan saya dengan menaja yuran pengajian selama empat semester, serta geran kajian 2011-0062-101-01, MOSTI dan geran eSciencefund 03-01-11-SF0008 yang menaja segala perbelanjaan kajian ini.

Kalungan terima kasih ini juga ingin saya sampaikan buat yang teristimewa ayahanda Aziz Bin Hamzah dan bonda tersayang Narimah Binti Senapi serta suami tercinta Abdul Qayum Bin Abdul Rahman yang sentiasa berada di sisi saya mendengar segala keluhan, sentiasa memberi kata-kata semangat untuk tidak berputus asa dan menempuhi segala dugaan dan rintangan meneruskan kajian ini. Tidak dilupakan juga anak-anak yang amat disayangi Aisyah Nur Iman dan Aisyah Nur Alya yang sentiasa menemani dan menceriakan setiap hari dalam kehidupan saya. Kehadiran kalian dapat menghilangkan segala tekanan dan kekusutan yang bermain di fikiran bonda.

Berjuta penghargaan ingin saya tujukan kepada semua yang turut terlibat dalam kajian ini, rakan-rakan seperjuangan saya terutamanya Fatin Hana Naning, Amira Syakila, Noor Azyyati dan Nur Syazana, kakitangan di Fakulti Sains dan Matematik khususnya, En Faizal, En Ghazali, En Mohd Hashimi dan Puan Hayani dalam memberi bantuan dalam penyelidikan ini. Tidak dilupakan juga ucapan penghargaan kepada pihak UniMAP, En Bahari yang bekerjasama melengkapkan pencirian yang dilakukan dalam kajian ini.

Akhir kata, penghargaan ini juga ditujukan kepada semua pihak yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam menyempurnakan kajian ini



ABSTRAK

Kajian ini bertujuan untuk melakukan pencirian morfologi, optik dan struktur bagi mengkaji kehadiran partikel-partikel nano CdS dan CdSe yang tertanam di antara matriks P3HT peranti filem nipis hibrid organik dan tak organik menggunakan teknik Pemendapan Angkutan Sudut (ALD) dan kaedah dedahan gas yang mudah, cepat dan berkos rendah. Penyelidikan bermula dengan menentukan kesan kehadiran ion Cd^{2+} dalam larutan P3HT, asid stearik (SA) dan P3HT:SA yang dicirikan dengan isoterma tekanan permukaan-luas yang dikawal oleh komputer. Peranti filem nipis disediakan dengan memendapkan P3HT, SA dan ion Cd^{2+} (dalam kemolaran 0.5 dan 1.0 mM CdCl_2) ke atas substrat silikon dan kuarza menggunakan teknik ALD dan dedahan kepada gas H_2S atau H_2Se selama 2, 4, 6 dan 15 jam. Peranti filem nipis organik-tak organik dicirikan menggunakan FESEM, EDX, AFM, spektroskopi Raman dan UV-Vis. Pencirian isoterma tekanan permukaan-luas menunjukkan purata keluasan dan saiz molekul P3HT, SA dan P3HT:SA meningkat dengan peningkatan ion Cd^{2+} . Pembentukan partikel-partikel nano berjaya ditanam di antara matriks P3HT dengan menggunakan kedua-dua kaedah seperti yang disahkan oleh keputusan FESEM, EDX dan AFM. Pencirian Raman menunjukkan anjakan puncak ke nombor gelombang lebih rendah apabila tempoh dedahan meningkat, menunjukkan peningkatan dalam kristalografi polimer P3HT dan perlanjutan panjang konjugasi yang berkesan di sepanjang tulang belakang polimer. Pencirian optik UV-Vis menunjukkan nilai tenaga lebar jalur adalah antara 1.87 sehingga 1.91 eV. Sebagai kesimpulan, hasil pencirian morfologi, optik dan struktur menunjukkan kehadiran partikel-partikel nano CdS atau CdSe yang tertanam di antara matriks P3HT menggunakan kaedah ALD dan dedahan gas. Polimer hibrid terbaik ialah P3HT:CdS dalam kemolaran 0.5 mM CdCl_2 yang didedahkan selama 6 jam. Kajian ini memberi implikasi bahawa teknik pemendapan ALD dan dedahan gas adalah praktikal untuk menghasilkan peranti hibrid nanokomposit organik-tak organik berkos rendah.





MORPHOLOGICAL, STRUCTURAL AND OPTICAL CHARACTERISATION OF HYBRID POLYMER P3HT/CdS AND CdSe NANOPARTICLES THIN FILM

ABSTRACT

This study aimed to perform morphological, optical and structural characterisation to study the presence of CdS and CdSe nanoparticles embedded between the P3HT matrix of organic and inorganic hybrid thin film devices using the Angle Lifting Deposition (ALD) technique and a simple, fast and low-cost gas exposure method. The research began by determining the effect of Cd^{2+} ions in P3HT, stearic acid (SA) and P3HT:SA solutions which were characterised by a computer-controlled surface pressure-area isotherm. Thin-film devices were prepared by depositing P3HT, SA and Cd^{2+} ions (in 0.5 and 1.0 mM of CdCl_2 molarity) onto silicon and quartz substrates by ALD technique and were exposed to H_2S or H_2Se gas for 2, 4, 6 and 15 hours. Hybrid organic-inorganic thin film devices were characterised by FESEM, EDX, AFM, Raman and UV-Vis spectroscopies. The pressure-area isotherm characterisation showed that the mean molecular area and the size of P3HT, SA and P3HT:SA increased as the amount of Cd^{2+} ions increased. The formation of nanoparticles was successfully embedded between P3HT matrices using both methods as confirmed in FESEM, EDX and AFM results. Raman characterisation showed peak shifting toward lower wavenumber as the exposure time increased, indicating an increase in the P3HT polymer crystallinity and the extension of the effective conjugation length along the polymer backbone. The optical characterisation of UV-Vis showed that the value of the energy bandgap was in the range of 1.87 to 1.91 eV. As a conclusion, the presence of CdS or CdSe nanoparticles embedded in between P3HT matrices using ALD and the gas exposure method was proven based on morphological, structural and optical characterisation. The best hybrid polymer was P3HT:CdS in 0.5 mM of CdCl_2 molarity exposed for 6 hours. This research implies that ALD and gas exposure methods are practical for fabricating a low-cost hybrid organic-inorganic nanocomposite device.



**KANDUNGAN****Muka Surat**

PERAKUAN KEASLIAN PENULISAN	ii
PENGESAHAN PENYERAHAN DISERTASI	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	xii
SENARAI RAJAH	xiv
SENARAI SIMBOL	xxi
SENARAI SINGKATAN	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Pernyataan Masalah Teknologi Filem Nipis	5
1.3 Kepentingan Kajian	8
1.4 Objektif Kajian	10
1.5 Skop Kajian	10
1.6 Organisasi Kajian	12
1.7 Rumusan Bab	12





BAB 2 TEORI DAN TINJAUAN LITERATUR

2.1	Pengenalan	14
2.2	Filem Nipis Hibrid Organik dan Tak Organik	15
2.2.1	Ciri-Ciri dan Aplikasi Filem Nipis Hibrid Organik-Tak Organik	17
2.3	Polimer	19
2.3.1	Kumpulan Polimer	20
2.3.2	Polimer Konduktif Konjugat	21
2.3.3	Politiofeno (PT)	22
2.4	Polimer <i>Poly(3-Hexylthiophene)</i> (P3HT) sebagai Bahan Organik	23
2.4.1	Struktur <i>Poly(3-Hexylthiophene)</i> (P3HT)	24
2.4.2	Rantaian Alkil P3HT	25
2.5	Partikel-Partikel Nano Semikonduktor	27
2.5.1	Kadmium Sulfida (CdS)	29
2.5.2	Kadmium Selenida (CdSe)	30
2.6	Kaedah-Kaedah Pemendapan Filem Nipis	32
2.7	Kaedah <i>Langmuir</i>	33
2.7.1	Latar Belakang Kaedah <i>Langmuir</i>	35
2.7.2	Teknik Pemendapan bagi Kaedah <i>Langmuir</i>	36
2.7.3	Struktur Pembentukan Molekul dalam Kaedah <i>Langmuir</i>	38
2.7.4	Keutamaan dalam Kaedah <i>Langmuir</i>	39
2.8	Pencirian sampel	41
2.8.1	Pencirian Morfologi FESEM ke atas Sampel Filem Nipis	41



2.8.2	Pencirian Morfologi EDX ke atas Sampel Filem nipis	47
2.8.3	Pencirian Morfologi Mikroskopi Daya Atom (AFM)	49
2.8.4	Pencirian Struktur Spektroskopi Raman	51
2.8.5	Pencirian Optik Spektroskopi Ultralembayung-Nampak (UV-Vis)	52
2.9	Rumusan	54

BAB 3 METODOLOGI

3.1	Pengenalan	55
3.2	Bahan-bahan yang Digunakan	56
3.2.1	P3HT	56
3.2.2	Kadmium Klorida (CdCl_2)	56
3.2.3	Asid Stearik (SA)	57
3.2.4	Klorofom (CHCl_3)	58
3.2.5	Ferum (II) Sulfida (FeS) dan Ferum (II) Selenida (FeSe)	58
3.3	Penyediaan Filem Nipis	59
3.4	Pembersihan Substrat	60
3.4.1	Pembersihan Substrat Kuarza	61
3.4.2	Pembersihan Substrat Silikon	61
3.5	Penyediaan Larutan	62
3.5.1	Larutan Poli (3-Heksiltiofeno) (P3HT)	63
3.5.2	Asid Stearik (SA)	63
3.5.3	Kadmium Klorida (CdCl_2)	63

3.6	Pemendapan Filem Nipis	65
3.6.1	Teknik Pemendapan Mengangkat Bersudut (ALD)	66
3.6.2	Teknik Pendedahan Sampel	69
3.7	Pencirian Sampel Filem Nipis	71
3.7.1	Pencirian Isoterma bagi Larutan Sampel	74
3.7.2	Pencirian Morfologi Sampel Filem Nipis	75
3.7.3	Pencirian Struktur Sampel Filem Nipis	77
3.7.4	Pencirian Optik Sampel Filem Nipis	78
3.8	Rumusan	79

BAB 4 HASIL KAJIAN DAN PERBINCANGAN

4.1	Pengenalan	80
4.2	Pencirian Isoterma Tekanan Permukaan Melawan Luas (Π -A)	81
4.2.1	Kesan Kehadiran Ion Cd^{2+} dalam Sampel Larutan P3HT	82
4.2.2	Kesan Kehadiran Ion Cd^{2+} dalam Sampel Larutan SA	84
4.2.3	Kesan Kehadiran Molekul SA dalam P3HT Dan Ion Cd^{2+} Dalam Sampel Larutan P3HT:SA	86
4.3	Pencirian Morfologi Mikroskop Elektron Pengimbas Pancaran Medan (FESEM)	88
4.4	Pencirian Morfologi Sebaran Tenaga Sinar-X (EDX)	98
4.5	Pencirian Morfologi Mikroskop Daya Atomik (AFM)	110
4.6	Pencirian Struktur Spektroskopi Raman	120
4.7	Pencirian Optik Ultralembayung-Boleh Dilihat (UV-Vis)	128

4.8	Rumusan	139
BAB 5	KESIMPULAN DAN CADANGAN KAJIAN LANJUTAN	
5.1	Pengenalan	140
5.2	Kesimpulan	141
5.3	Cadangan Kajian Lanjutan	146
	RUJUKAN	148
	LAMPIRAN	162



SENARAI JADUAL

No. Jadual		Muka surat
2.1.	Perbezaan Antara Mikroskop Cahaya dan Mikroskop Elektron	43
2.2.	Enam Jenis Warna yang Terhasil Apabila Cahaya Melalui Pemisah	54
4.1.	Had Keluasan Per Molekul dan Diameter bagi Molekul-Molekul dalam Sampel Larutan P3HT Sahaja dan Larutan P3HT pada Molariti CdCl_2 yang Berbeza iaitu, 0.5 mM dan 1.0 mM	84
4.2.	Had Keluasan Per Molekul dan Diameter bagi Molekul-Molekul dalam Sampel Larutan SA Sahaja dan Larutan SA pada Molariti CdCl_2 yang Berbeza iaitu 0.5 mM dan 1.0 mM	85
4.3.	Had Keluasan Per Molekul dan Diameter bagi Molekul-Molekul dalam Sampel Larutan P3HT dan P3HT:SA pada Molariti CdCl_2 yang Berbeza iaitu pada Molariti CdCl_2 Kosong, 0.5 mM dan 1.0 mM	88
4.4.	Peratus Unsur dalam Sampel bagi Sampel P3HT:SA:Cd pada Molariti CdCl_2 0.5 mM Sebelum dan Selepas Dedahan terhadap H_2S atau H_2Se	103
4.5.	Peratus Unsur dalam Sampel bagi Sampel P3HT:SA:Cd pada Molariti CdCl_2 1.0 mM Sebelum dan Selepas Dedahan pada H_2S atau H_2Se	108
4.6.	Nilai Kekasaran Permukaan Sampel P3HT:CdS dan P3HT:CdSe pada Tempoh Dedahan yang Berbeza dan Molariti CdCl_2 0.5 mM	114
4.7.	Nilai Kekasaran Permukaan Sampel P3HT:CdS dan P3HT:CdSe pada Tempoh Dedahan yang Berbeza dan Molariti CdCl_2 1.0 mM	119
4.8.	Nombor Gelombang bagi Sampel P3HT:SA:CdS pada Tempoh Dedahan yang Berbeza dengan Molariti CdCl_2 adalah 0.5 Mm	123



4.9.	Nombor Gelombang bagi Sampel P3HT:SA:CdSe pada Tempoh Dedahan yang Berbeza dengan Molariti CdCl ₂ adalah 0.5 mM	124
4.10.	Nombor Gelombang bagi Sampel P3HT:SA:CdS pada Tempoh Dedahan yang Berbeza dengan Molariti CdCl ₂ adalah 1.0 mM	126
4.11.	Nombor Gelombang bagi Sampel P3HT:SA:CdSe pada Tempoh Dedahan yang Berbeza dengan Molariti CdCl ₂ adalah 1.0 mM	127
4.12.	Tenaga Lebar Jalur bagi Sampel P3HT:SA:CdS dan P3HT:SA:CdSe pada Tempoh Dedahan yang Berbeza dan Molariti CdCl ₂ adalah 0.5 mM	136
4.13.	Tenaga Lebar Jalur bagi Sampel P3HT:SA:CdS dan P3HT:SA:CdSe pada Tempoh Dedahan yang Berbeza dan Molariti CdCl ₂ adalah 1.0 mM	138

SENARAI RAJAH

No. Rajah		Muka surat
2.1	Proses Pempolimeran	19
2.2	Struktur Politiofeno (PT)	23
2.3	Struktur a) P3HT serta Tiga Kebarangkalian Penyambungan Dua Kumpulan Alkil: b) Kepala ke Ekor, c) Ekor ke Ekor, d) Kepala ke Kepala	25
2.4	Struktur P3HT (a) <i>Regiorandom</i> dan (b) <i>Regioregular</i>	26
2.5	Struktur Kristal CdS yang Berfasa (a) Wurtzite (hcp), (b) Zinc Blend (ccp) dan Rock Salt (ccp)	29
2.6	Carta Alir bagi Contoh Kaedah Pemendapan Filem Nipis	32
2.7	Instrumen yang Digunakan untuk Kaedah <i>Langmuir</i>	34
2.8	Teknik Pemendapan: (a) LB, (b) LS dan (c) ALD	37
2.9	Jenis Struktur Pembentukan Molekul (a) X, (b) Y dan (c) Z	38
2.10	Struktur Amfifilik yang Terbahagi kepada Bahagian Hirdrofilik dan Hidrofobik	39
2.11	Tiga Fasa Molekul: Dari Fasa Gas ke Fasa Cecair dan Akhirnya ke Fasa Pepejal	40
2.12	Nama Karakteristik Unsur	49
2.13	Peralihan Elektronik dari Π ke Π^*	53
3.1	Struktur Asid Stearik (SA)	57

3.2	Carta Alir Ringkasan bagi Keseluruhan Proses Penyediaan Sampel Filem Nipis	60
3.3	Struktur Filem Nipis Hibrid P3HT:SA:CdS (atau P3HT:SA:CdSe)	65
3.4	Teknik Pemendapan Angkat Bersudut (ALD) yang Dimendapkan pada Sudut 45°	66
3.5	Kedudukan Kertas Keseimbangan di Tengah-Tengah Palung dan Kedua-Dua Penghadang bagi Penggunaan Sebelah Palung	68
3.6	Teknik Pendedahan kepada Gas H ₂ X (X ialah Sulfida atau Selenida)	70
3.7	Sampel Didedahkan kepada Gas (a) H ₂ S atau (b) H ₂ Se pada Tempoh Dedahan yang berbeza iaitu 2 jam, 4 jam, 6 jam dan 15 jam	71
3.8	Carta Aliran Pembahagian Pencirian Sampel	73
3.9	FESEM Model SU 8020 Uhrdel Hitachi yang Digunakan dalam Kajian	76
3.10	AFM Seiko Model SPA 400 (a) Bahagian Luar dan (b) Bahagian Dalam	77
3.11	Spektrometer Raman (RENISHAW invia Raman Microscope) yang Digunakan dalam Kajian	78
3.12	Spektroskopi UV-Vis Agilent 8453 UV-visible	79
4.1	Hasil Pencirian II-A Isoterma bagi Larutan P3HT Sahaja dan Larutan P3HT pada Molariti CdCl ₂ yang Berbeza iaitu 0.5 mM dan 1.0 mM	83
4.2	Hasil Pencirian II-A Isoterma bagi Larutan SA Sahaja dan Larutan SA pada Molariti CdCl ₂ yang Berbeza iaitu 0.5 mM dan 1.0 mM	85

4.3	Hasil Isoterma P3HT dan P3HT:SA pada Molariti CdCl_2 yang Berbeza iaitu pada CdCl_2 Kosong, 0.5 mM dan 1.0 Mm	87
4.4	Imej FESEM bagi Sampel Filem Nipis (a) P3HT Sahaja (b) P3HT:SA	90
4.5	Imej FESEM bagi Sampel Filem Nipis P3HT:SA:Cd Sebelum Dedahan (0 jam) dengan Molariti CdCl_2 adalah 0.5 mM	91
4.6	Imej FESEM bagi Sampel Filem Nipis Selepas P3HT:SA:Cd Didedahkan kepada H_2S Selama (a) 2 jam, (b) 4 jam, (c) 6 jam dan (d) 15 jam dengan Molariti CdCl_2 adalah 0.5 mM	93
4.7	Imej FESEM bagi Sampel Filem Nipis Selepas P3HT:SA:Cd Didedahkan kepada H_2Se Selama (a) 2 jam, (b) 4 jam, (c) 6 jam dan (d) 15 jam dengan Molariti CdCl_2 adalah 0.5 mM	94
4.8	Imej FESEM bagi Sampel Filem Nipis P3HT:SA:Cd Sebelum Didedahkan (0 jam) dengan Molariti CdCl_2 adalah 1.0 mM	95
4.9	Imej FESEM bagi Sampel Filem Nipis Selepas P3HT:SA:Cd Didedahkan kepada H_2S Selama (a) 2 jam, (b) 4 jam, (c) 6 jam dan (d) 15 jam dengan Molariti CdCl_2 adalah 1.0 mM	96
4.10	Imej FESEM bagi Sampel Filem Nipis Selepas P3HT:SA:Cd Didedahkan kepada H_2Se Selama (a) 2 jam, (b) 4 jam, (c) 6 jam dan (d) 15 jam dengan Molariti CdCl_2 adalah 1.0 mM	97
4.11	Unsur-Unsur yang Terdapat dalam Sampel P3HT Hasil Pencirian EDX	99
4.12	Unsur-Unsur yang Terdapat dalam Sampel P3HT:SA Hasil Pencirian EDX	100

4.13	Unsur-Unsur yang Terdapat dalam Sampel P3HT:SA:Cd Sebelum Dedahan dan Molariti CdCl_2 0.5 mM	101
4.14	Unsur-unsur yang Terdapat dalam Sampel P3HT:SA:Cd Selepas Dedahan kepada H_2S pada Molariti CdCl_2 0.5 mM	102
4.15	Unsur-unsur yang Terdapat dalam Sampel P3HT:SA:Cd Selepas Dedahan kepada H_2Se yang Bermolariti CdCl_2 0.5 mM	102
4.16	Peratusan Unsur S yang Terdapat dalam Sampel P3HT:SA:Cd Selepas Dedahan kepada H_2S yang Bermolariti CdCl_2 0.5 mM	104
4.17	Peratusan Unsur Se yang Terdapat dalam Sampel P3HT:SA:Cd Selepas Dedahan kepada H_2Se yang Bermolariti CdCl_2 0.5 mM	104
4.18	Unsur-unsur yang Terdapat dalam Sampel P3HT:SA:Cd Selepas Dedahan kepada H_2S yang Bermolariti CdCl_2 1.0 mM	107
4.19	Unsur-Unsur yang Terdapat dalam Sampel P3HT:SA:Cd Selepas Dedahan kepada H_2Se yang Bermolariti CdCl_2 1.0 mM	107
4.20	Peratusan Unsur S yang Terdapat dalam Sampel P3HT:SA:Cd Selepas Dedahan kepada H_2S dan Molariti CdCl_2 1.0 mM	109
4.21	Peratusan Unsur Se yang Terdapat dalam Sampel P3HT:SA:Cd Selepas Dedahan kepada H_2Se dan Molariti CdCl_2 1.0 mM.	109
4.22	Imej Hasil Pencirian AFM bagi Sampel Filem Nipis (a) P3HT Sahaja (b) P3HT:SA	111
4.23	Hasil AFM bagi Sampel Filem Nipis P3HT:SA:Cd Sebelum Dedahan (0 jam) pada Molariti CdCl_2 0.5 mM	113

4.24	Hasil AFM bagi Sampel Filem Nipis Selepas P3HT:SA:Cd Didedahkan kepada H ₂ S Selama (a) 2 jam, (b) 4 jam, (c) 6 jam dan (d) 15 jam pada Molariti CdCl ₂ 0.5 mM	113
4.25	Hasil AFM bagi Sampel Filem Nipis Selepas P3HT:SA:Cd Didedahkan kepada H ₂ Se Selama (a) 2 jam, (b) 4 jam, (c) 6 jam dan (d) 15 jam dengan Molariti CdCl ₂ 0.5 mM	114
4.26	Graf Nilai Kekasaran Permukaan Sampel P3HT:CdS dan P3HT:CdSe pada Tempoh Dedahan yang Berbeza dan pada Molariti CdCl ₂ 0.5 mM	115
4.27	Hasil AFM bagi Sampel Filem Nipis P3HT:SA:Cd Sebelum Dedahan (0 jam) pada Molariti CdCl ₂ 1.0 mM	117
4.28	Hasil AFM bagi Sampel Filem Nipis Selepas P3HT:SA:Cd Didedahkan kepada H ₂ S Selama (a) 2 jam, (b) 4 jam, (c) 6 jam dan (d) 15 jam pada Molariti CdCl ₂ 1.0 mM	117
4.29	Hasil AFM bagi Sampel Filem Nipis Selepas P3HT:SA:Cd Didedahkan kepada H ₂ Se Selama (a) 2 jam, (b) 4 jam, (c) 6 jam dan (d) 15 jam pada Molariti CdCl ₂ 1.0 mM	118
4.30	Graf Nilai Kekasaran Permukaan Sampel P3HT:CdS dan P3HT:CdSe pada Tempoh Dedahan yang Berbeza dan pada Molariti CdCl ₂ 1.0 mM	119
4.31	Hasil Pencirian Raman bagi Sampel P3HT	120
4.32	Hasil Pencirian Raman bagi Sampel P3HT:SA	121
4.33	Hasil Pencirian Raman bagi Sampel P3HT:SA:Cd dengan Molariti CdCl ₂ 0.5 mM	122
4.34	Hasil Pencirian Raman bagi Sampel P3HT:SA:CdS pada Tempoh Dedahan yang Berbeza dengan Molariti CdCl ₂ ialah 0.5 mM	122

4.35	Hasil Pencirian Raman bagi Sampel P3HT:SA:CdSe pada Tempoh Dedahan yang Berbeza dengan Molariti CdCl ₂ ialah 0.5 mM	123
4.36	Hasil Pencirian Raman bagi Sampel P3HT:SA:Cd pada Molariti CdCl ₂ 1.0 mM	125
4.37	Hasil Pencirian Raman bagi Sampel P3HT:SA:CdS pada Tempoh Dedahan yang Berbeza pada Molariti CdCl ₂ ialah 1.0 mM	125
4.38	Hasil Pencirian Raman bagi Sampel P3HT:SA:CdSe pada Tempoh Dedahan yang Berbeza dengan Molariti CdCl ₂ ialah 1.0 mM	126
4.39	Hasil UV-Vis bagi Sampel Filem Nipis P3HT dan P3HT:SA	130
4.40	Hasil Pencirian UV-Vis bagi Sampel P3HT:SA:Cd pada Molariti CdCl ₂ adalah 0.5 mM	130
4.41	Hasil Pencirian UV-Vis bagi P3HT:SA:CdS pada Tempoh Dedahan yang Berbeza dan Molariti CdCl ₂ adalah 0.5 mM	131
4.42	Hasil Pencirian UV-Vis bagi Sampel P3HT:SA:CdSe pada Tempoh Dedahan yang Berbeza dan Molariti CdCl ₂ adalah 0.5 mM	131
4.43	Hasil Pencirian UV-Vis bagi Sampel P3HT:SA:Cd pada Molariti CdCl ₂ adalah 1.0 mM	132
4.44	Hasil UV-Vis bagi Sampel P3HT:SA:CdS pada Tempoh Dedahan yang Berbeza dan Molariti CdCl ₂ adalah 1.0 mM	132
4.45	Hasil UV-Vis bagi Sampel P3HT:SA:CdSe pada Tempoh Dedahan yang Berbeza dan Molariti CdCl ₂ adalah 1.0 mM	133
4.46	Hasil Spektra Penyerapan bagi Sampel P3HT dan P3HT:SA	134



4.47	Hasil Spektra Penyerapan bagi Sampel P3HT:SA:Cd pada Molariti CdCl_2 adalah 0.5 mM	134
4.48	Hasil Spektra Penyerapan bagi Sampel P3HT:SA:CdS pada Tempoh Dedahan yang Berbeza dan Molariti CdCl_2 adalah 0.5 mM	135
4.49	Hasil Spektra Penyerapan bagi Sampel P3HT:SA:CdSe pada Tempoh Dedahan yang Berbeza dan Molariti CdCl_2 adalah 0.5 mM	135
4.50	Hasil Spektra Penyerapan bagi Sampel P3HT:SA:Cd pada Molariti CdCl_2 adalah 1.0 mM	137
4.51	Hasil Spektra Penyerapan bagi Sampel P3HT:SA:CdS pada Tempoh Dedahan yang Berbeza dan Molariti CdCl_2 adalah 1.0 mM	137
4.52	Hasil Spektra Penyerapan bagi Sampel P3HT:SA:CdSe pada Tempoh Dedahan yang Berbeza dan Molariti CdCl_2 adalah 1.0 mM	138





SENARAI SIMBOL

Π	Tekanan permukaan
Γ	Ketegangan permukaan lapisan mono
Γ_o	Ketegangan permukaan tanpa lapisan mono
C	Karbon
Cd	Kadmium
Cd^{2+}	Ion kadmium
CdCl_2	Kadmium klorida
CdS	Kadmium sulfida
CdSe	Kadmium selenida
CdTe	Kadmium tellurida
CHCl_3	Klorofom
$\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$	Diklorobenzena
CH	Hidrokarbon
CIS	<i>Copper Indium Selenide</i>
Cl^-	Ion klorida
COOH	Kumpulan karbosilik
DMF	<i>N-N-dimethyl formamide</i>
eV	Elektronvolt
Fe^{2+}	Ion Ferum (II)
FeS	Ferum (II) sulfida
FeSe	Ferum (II) selenida





H^+	Ion hidrogen
HCl	Asid hidroklorik
H_2S	Gas sulfida
H_2Se	Gas selenida
P3HT	<i>Poly(3-hexylthiophene)</i> atau Poli(3-heksiltiofeno)
Pac	<i>Polyacetylene</i>
PANI	<i>Polyaniline</i>
PbS	Plumbum sulfida
PbSe	Plumbum selenida
PPy	<i>Polypyrrole</i>
PT	Politiofeno
O	Oksigen
S^{2+}	Ion sulfida
Se^{2+}	Ion selenida
S	Sulfur
Se	Selenium
SA	Asid stearik
Si	Silikon
TiO_2	Titanium oksida
ZnO	Zink oksida
ZnS	Zink Sulfida





SENARAI SINGKATAN

AFM	Mikroskop Daya Atom
ALD	<i>Atomic Layer Deposition</i>
ALD	Pemendapan Angkat Bersudut
BSE	Elektron-Elektron <i>Backscattered</i>
CCP	<i>Cubic Close Packing</i>
CIGS	<i>Copper Indium Gallium Diselenide</i>
CSD/CBD	Pemendapan Larutan Kimia
CVD	Pemendapan Wap Kimia
DI	Air Ternyah Ion
EDX	Spektroskopi Penyebaran Tenaga Sinar-X
FESEM	Mikroskop Elektron Pengimbas Pancaran Medan
GOX	<i>Glucose Oxidase</i>
HCP	<i>Hexagonal Close Packing</i>
HH	Kepala ke Kepala
HT	Kepala ke Ekor
ITO	Indium Tin Oxide
LB	<i>Langmuir-Blodgett</i>
LBK	<i>Langmuir-Blodgett-Khun</i>
LS	<i>Langmuir Schaefer</i>
MBE	<i>Molecular-Beam Epitaxy</i>
PCE	Kecekapan Penukaran Tenaga
PE	Elektron Utama



PVD	Pemendapan Wap Fizikal
SE	Elektron-Elektron Sekunder
SEM	Mikroskop Elektron Pengimbas
STM	Mikroskopi Imbasan Terowong
TEM	<i>Transmission Electron Microscope</i>
TACVD	<i>Thermal Activated Chemical Vapour Deposition</i>
TT	Ekor ke Ekor
PECVD	<i>Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition</i>
PACVD	<i>Photo-Assisted Chemical Vapour Deposition</i>
QD	Kuantum Dot
UV-Vis	Spektroskopi Ultralembayung-Nampak
WD	Jarak Kerja

BAB 1

PENDAHULUAN

Sejarah menunjukkan lebih dari 50 tahun lalu, teknologi filem nipis merupakan teknologi yang amat penting dalam pelbagai aplikasi elektronik seperti dalam peranti sel solar (Simon dan Warmuth, 2017), komponen elektronik, paparan elektronik, penyalutan optikal, filem magnetik, peranti simpanan data optikal, penyalutan antistatik dan penyalutan permukaan keras (Seshan, 2001). Ini adalah kerana filem nipis dapat memberi banyak kelebihan terutamanya dalam aplikasi sel solar yang mana, sifatnya yang nipis dan boleh dimendapkan pada pelbagai substrat seperti kaca dapat mengurangkan kos pembuatannya (Mattson, 2014). Tambahan pula, keistimewaan filem nipis ini dapat dilihat melalui aplikasinya dalam teknologi bateri, bateri filem nipis ini dapat dicas berulang-ulang kali berbanding bateri yang biasa,



begitu juga dengan bentuk fizikalnya yang mana, saiz bateri filem nipis adalah lebih kecil dan hampir tiada kebocoran pada bateri filem nipis ini (Evangczuk, 2013).

Permintaan teknologi filem nipis adalah berbeza-beza mengikut aplikasi seperti aplikasi sel solar. Permintaan terkini bagi sel solar filem nipis di United States (US) pada tahun 2015 adalah melebihi USD 8 billion dan dijangka akan meningkat sebanyak 16% pada tahun 2016-2024 (Ankit Gupta & Aditya Singh Bais, 2016). Permintaan sel solar filem nipis adalah meningkat kerana nilai kecekapan bagi sel ini adalah tinggi iaitu 21.7% bagi sel solar filem nipis *Copper Indium Gallium Diselenide* (CIGS) dan 21% bagi sel solar filem nipis *Kadmium Telluride* (CdTe) (Simon & Warmuth, 2017). Begitu juga dengan pemasaran bagi elektronik filem nipis seperti bateri filem nipis yang mana, pada 2015, pemasarannya di United Kingdom (UK)



mencecah USD 200 million dan dijangka meningkat sebanyak lebih 25% pada tahun 2016-2024. Sepertimana sel solar filem nipis, aplikasi filem nipis dalam bateri juga memberi beberapa faedah yang menarik. Antaranya ialah ia dapat menghasilkan voltan yang tinggi, ringan dan mempunyai jangka hayat yang lebih lama berbanding bateri-bateri lain. Sifatnya yang lebih ringan menyebabkan ia boleh digunakan dalam pelbagai produk yang boleh dipakai seperti jam tangan (Ankit Gupta & Aditya Singh Bais, 2017).

Permintaan filem nipis dalam pelbagai aplikasi telah menyebabkan kemunculan pelbagai kaedah pemendapan filem nipis mengikut kesesuaian bahan dan saiz substrat yang digunakan. Kaedah pemendapan (*deposition*) filem nipis boleh dibahagikan kepada dua iaitu pemendapan fizikal dan kimia. Kaedah pemendapan wap fizikal (PVD) merupakan salah satu kaedah pemendapan fizikal dan kaedah ini boleh





dibahagikan kepada dua iaitu kaedah penyejatan haba dan kaedah *sputtering* (Dler Adil Jameel, 2015). Di samping itu, contoh bagi kaedah pemendapan kimia ialah kaedah pemendapan wap kimia (CVD), salutan berputar (*spin coating*), kaedah salutan mencelup (*dip coating*), Langmuir-Blodgett dan juga kaedah pemendapan larutan kimia (CSD) (Dler Adil Jameel, 2015).

Kaedah PVD merupakan satu kaedah yang memerlukan persekitaran vakum dan melibatkan beberapa proses fizikal seperti penyejatan, perlanggaran ion-ion dan pemindahan atom-atom daripada pepejal (peleburan) ke atas substrat (Freund & Suresh, 2003). Di samping itu, kaedah CVD pula merupakan kaedah kimia yang melibatkan tindak balas reaksi gas dalam persekitaran yang aktif seperti persekitaran haba, plasma atau cahaya dan diikuti dengan pembentukan pepejal yang stabil.

Kaedah CVD yang menggunakan tenaga haba sebagai punca tindak balasnya dipanggil *thermal activated chemical vapour deposition* (TACVD) manakala, kaedah yang menggunakan tenaga plasma dan cahaya dikenali sebagai *plasma enhanced chemical vapour deposition* (PECVD) dan *photo-assisted chemical vapour deposition* (PACVD) (Choy, 2003).

Selain itu, partikel-partikel nano contohnya kadmium sulfida (CdS) boleh disintesis dengan menggunakan beberapa kaedah lain iaitu tindak balas fasa gas, kaedah *solvothermal*, larutan mendakan dan larutan mendakan *microwave-assisted* (Alonson, Castaneda, Romero, Monroy & Hu, 2014). Tambahan pula, kaedah pemendapan mandi kimia (CBD) atau dikenali juga sebagai kaedah pemendapan larutan kimia (CSD) juga merupakan kaedah pemendapan yang sering digunakan dalam penghasilan filem nipis partikel nano seperti CdS dan kadmium selenida





(CdSe). Kaedah ini merupakan satu kaedah yang kurang rumit berbanding kaedah PVD dan CVD. Substrat akan dibiarkan berada selama beberapa tempoh dalam larutan kimia yang telah disediakan pada suhu yang ditetapkan contohnya 80°C (Singh, Bhushan, Singh & Deo, 2011; Ezekoye, Ighodalo, Ezekoye, Emeakaroha, Ezema & Offor, 2015).

Kaedah PVD dan CVD merupakan kaedah yang agak kompleks kerana kaedah-kaedah ini memerlukan pelbagai proses yang melibatkan suhu dan vakum yang tinggi. Sebaliknya, kaedah salutan berputar merupakan kaedah yang sering digunakan dalam pemendapan filem nipis. Ini adalah kerana kaedah ini merupakan kaedah yang mudah, cepat dan boleh dilakukan pada keadaan suhu bilik. Ketebalan filem nipis juga boleh dikawal dengan menggunakan kaedah ini dengan melaraskan kelajuan dan masa putaran. Larutan bahan akan dititiskan pada permukaan substrat dan kemudian substrat bersama-sama bahan akan diputar pada kelajuan dan masa yang ditetapkan.

Selain kaedah salutan berputar, kaedah salutan mencelup juga merupakan antara kaedah pemendapan yang mudah untuk dikendalikan dan kaedah ini boleh membenarkan pelbagai saiz substrat disalutkan kerana tangki penyalutan yang disediakan mempunyai bentuk dan saiz yang berbeza mengikut saiz substrat yang digunakan (Apex Instruments, 2016). Tiga proses terlibat dalam kaedah ini. Pada permulaannya substrat akan direndamkan dalam larutan bahan pada kelajuan yang sekata dan dibiarkan di dalam larutan agar substrat dan larutan yang tersalut dapat berinteraksi pada masa yang mencukupi dan menghasilkan penyalutan yang sempurna. Kemudian, substrat ditarik keluar pada kelajuan yang sekata. Ketebalan





filem nipis yang terhasil adalah bergantung pada kelajuan substrat dikeluarkan. Akhirnya, substrat akan dikeringkan pada suhu yang tinggi (Brinker & Scherer, 2013).

Sementara itu, terdapat satu lagi kaedah yang boleh dilakukan pada keadaan suhu bilik iaitu kaedah *Langmuir*. Dua bentuk pemendapan boleh dilakukan melalui kaedah ini iaitu *Langmuir Blodgett* (LB) dan *Langmuir Schaefer* (LS). Apabila substrat disalutkan secara menegak ia dipanggil pemendapan LB, manakala pemendapan LS pula apabila substrat dimendap secara melintang. Kaedah ini merupakan teknologi yang berkos rendah kerana tidak memerlukan suhu atau vakum yang tinggi. Tambahan pula, kaedah ini dapat menghasilkan filem yang rata tanpa merosakkan permukaan substrat. Begitu juga dengan struktur molekul yang mana, penyusunan struktur molekul adalah lebih jelas dan stabil. (Cerniuke et al., 2006)

1.2 Pernyataan Masalah Teknologi Filem Nipis

Seperti yang diketahui, teknologi filem nipis semakin mendapat perhatian dalam pelbagai aplikasi elektronik kerana ciri-cirinya yang menarik iaitu ringan, fleksibel, kos pembuatan yang rendah dan filem nipis ini juga dapat menghasilkan kecekapan elektrik yang memuaskan para pengkaji. Pelbagai jenis filem nipis yang diaplikasikan dalam teknologi baru contohnya filem nipis hibrid organik dan tak organik. Kelebihan yang ada pada filem nipis, bahan-bahan organik dan tak organik iaitu kos fabrikasi yang rendah dan fleksibel di samping dapat menghasilkan kecekapan penukaran tenaga (PCE) yang lebih tinggi (Joswig, Springborg & Seifert, 2000) ini telah





membawa kepada kajian baru ini dilakukan. Jadi kajian ini ingin menghasilkan filem nipis yang dapat mengabungkan dua jenis bahan iaitu organik dan tak organik dengan teknik yang sangat mudah, cepat, murah dan berkesan serta boleh dikomersialkan di pasaran global. Oleh itu, kaedah yang tepat diperlukan untuk pemendapan filem nipis ini terutamanya dalam pemendapan bahan tak organik seperti CdS dan CdSe.

Seiring pemesatan kemajuan teknolgi filem nipis ini, pelbagai kaedah pemendapan yang dilakukan sama ada kaedah secara kimia mahupun fizikal. Namun, untuk pemendapan bagi bahan tak organik seperti CdS dan CdSe kaedah yang sedia ada seperti kaedah PVD dan CVD memerlukan suhu dan vakum yang tinggi (AZoM, 2002 dan (Indium Cooperation, 2008). Tambahan pula, penggunaan gas yang bertoksik, menghakis dan mudah terbakar dalam kaedah CVD juga mendatangkan bahaya terhadap keselamatan pengguna atau penyelidik yang menggunakan kaedah ini (Choy, 2003)

Selain itu, kaedah salutan berputar juga boleh dilakukan bagi pemendapan filem nipis hibrid ini. Bahan organik dan tak organik akan dicampurkan dan dimendapkan bersama-sama pada substrat menggunakan kaedah ini atau bahan organik akan dimendapkan ke atas substrat yang mengandungi bahan tak organik yang telah dimendapkan menggunakan kaedah lain seperti PVD atau CVD. Akan tetapi, kaedah ini memerlukan kuantiti bahan yang banyak dan hanya sesuai bagi substrat yang bersaiz kecil. Tambahan pula, hanya 2-5% sahaja bahan yang akan tersalut pada substrat, manakala 95-98% bahan akan terlempar ke mangkuk penyalut berpusing (Tyona, 2013; Sahu, Parija & Panigrahi, S., 2005). Kaedah salutan mencelup sesuai digunakan terhadap pelbagai saiz substrat tetapi, ketebalan filem yang terbentuk pada





substrat adalah tidak sekata dan berbeza-beza dari atas ke bawah. Sebaliknya bagi kaedah LB, pembentukan ketebalan filem adalah sangat sekata, akan tetapi kaedah ini mengambil masa yang agak lama dan perlu dilakukan dalam bilik bersih yang dipanggil *clean room* dan hanya bahan yang sesuai boleh digunakan dalam kaedah ini (Cerniuke et al., 2006).

Oleh itu, kaedah-kaedah yang sedia ada ini telah mendorong lagi kajian ini dilakukan yang mana, seperti yang dikatakan di atas, kajian ini ingin menghasilkan filem nipis hibrid organik dan tak organik dengan teknik pemendapan yang lebih mudah dan semulajadi tanpa sebarang daya tambahan atau suhu atau vakum yang tinggi terutamanya bagi bahan tak organik. Dua kaedah pemendapan telah diperkenalkan dalam kumpulan kajian ini iaitu teknik pemendapan mengangkat bersudut atau dinamakan *Angle Lifting Deposition* (ALD) yang berdasarkan kaedah *Langmuir* (Fatin Hana Naning, Syed Malik, Reza Zamiri, Zanuldin Ahmad dan Azmi Zakaria, 2014) dan kaedah pendedahan terhadap gas. Kedua-dua kaedah ini boleh dilakukan pada persekitaran suhu bilik serta tidak memerlukan masa yang lama. Teknik pemendapan mengangkat bersudut ini hanya memerlukan kurang dari satu jam, manakala kaedah pendedahan terhadap gas pula bergantung pada masa sampel dibiarkan terdedah. Kaedah pendedahan terhadap gas ini merupakan kaedah semula jadi iaitu ion-ion yang terdapat dalam gas akan bergabung bersama-sama ion-ion yang terdapat dalam filem nipis tanpa sebarang daya atau tekanan luaran.

Yang, Wang & Lu, 1998 pernah menghasilkan sampel yang menggunakan kaedah yang hampir sama iaitu kaedah *Langmuir* dan pendedahan terhadap gas. Kajian mereka mengabungkan asid stearik (SA) dan CdS, SA dimendapkan bersama-sama





ion kadmium (Cd^{2+}) menggunakan teknik *Langmuir* dan filem *Langmuir* yang mengandungi SA dan ion-ion Cd^{2+} tersebut didedahkan kepada gas Sulfida (H_2S) pada tekanan 1 Torr pada masa pendedahan yang berbeza (Yang, Wang & Lu, 1998). Akan tetapi, seperti yang dikatakan, kaedah pemendapan *Langmuir* mengambil masa yang lama dan kaedah pendedahan terhadap gas yang dilakukan oleh mereka memerlukan tekanan luaran.

1.3 Kepentingan Kajian

Walaupun terdapat pelbagai kaedah pemendapan filem nipis, namun penambahbaikan kaedah pemendapan masih perlu dilakukan. Ini adalah kerana kaedah pemendapan yang terdapat kini memerlukan kos serta keadaan persekitaran seperti suhu dan vakum yang tinggi. Kajian ini menampilkan kaedah baharu dalam pemendapan filem nipis iaitu teknik ALD dan pendedahan terhadap gas.

Teknik ALD ini adalah berasaskan kaedah pemendapan *Langmuir*. Sebelum ini hanya dua teknik pemendapan terdapat dalam kaedah pemendapan *Langmuir* iaitu teknik menegak (LB) dan mendatar (LS). Teknik ALD merupakan teknik baharu bagi kaedah *Langmuir* yang mana, dalam teknik ini substrat dimendapkan pada sudut 45° . Kaedah *Langmuir* merupakan kaedah yang dapat menghasilkan struktur molekul yang lebih tersusun dan stabil. Faktor ini telah menarik perhatian dalam kajian ini di samping penggunaan bahan juga adalah sedikit yang mana, teknik ini hanya memerlukan beberapa mikroliter daripada larutan bahan. Walaupun kaedah *Langmuir* ini dikatakan mengambil masa yang lama untuk proses pemendapannya, tetapi dengan





teknik ALD ini dapat mempercepat masa pendedahan. Dengan menggunakan teknik ini masa pendedahan yang diperlukan adalah kurang daripada sejam. Filem nipis yang telah dimendapkan akan didedahkan pada H_2S atau gas Selenida (H_2Se), kaedah pendedahan terhadap gas ini merupakan kaedah yang baharu dicipta dalam kajian ini. Kaedah ini merupakan kaedah yang paling mudah, tidak memerlukan kos dan suhu yang tinggi. Substrat hanya perlu diletakkan bersama-sama gas bahan dalam satu bekas tertutup dan dibiarkan mengikut masa yang ditentukan.

Tambahan pula, penggunaan bahan dalam kajian ini merupakan bahan yang banyak memberi faedah kepada pelbagai aplikasi terutamanya dalam bidang sel solar. Kajian ini menggunakan gabungan bahan organik dan tak organik kerana bahan-bahan tak organik seperti CdS (Zhong et al., 2012), CdSe (Nguyen, Kim & Park, 2011) mempunyai tenaga jurang jalur yang tinggi yang menjadikan mereka semikonduktor yang baik. Manakala, bahan-bahan organik seperti polimer diperlukan kerana sifatnya yang lebih fleksibel dan murah (Roop, 2014).

Oleh itu, kajian ini merupakan kajian yang penting kerana kajian ini memperkenalkan dua kaedah baharu yang telah dicipta oleh kumpulan kajian ini sejak 2014 bagi memudahkan kajian akan datang disamping penggunaan bahan yang dapat memberi pelbagai kebaikan. Seperti yang diperkatakan teknik ALD dan kaedah pendedahan kepada gas merupakan kaedah pendedahan yang mudah, cepat, tidak memerlukan kos dan suhu yang tinggi. Lagi pula, teknik ALD ini dapat menghasilkan molekul-molekul yang lebih tersusun dan stabil. Kesimpulannya, gabungan kedua-dua kaedah ini boleh dilakukan untuk menghasilkan filem nipis hibrid bahan organik dan bukan organik (*hybrid organic-inorganic thin film*).



1.4 Objektif Kajian

- i. Mengenalpasti kesan kehadiran ion Cd^{2+} dalam larutan sampel-sampel P3HT, asid stearik (SA) dan P3HT:SA melalui pencirian tekanan permukaan-luas molekul (π -A) isoterma.
- ii. Membuktikan keberkesanan teknik ALD dan dedahan kepada gas dengan memperlihatkan pembentukan partikel-partikel nano semikonduktor CdS dan CdSe yang tertanam di dalam matrik filem nipis polimer P3HT melalui pencirian morfologi FESEM, EDX dan AFM.
- iii. Mengkaji keberkesanan teknik ALD dan dedahan kepada gas dengan memastikan pembentukan struktur ikatan dan spektra penyerapan molekul-molekul yang terdapat dalam sampel filem nipis hibrid P3HT:CdS dan P3HT:CdSe, melalui pencirian struktur spektroskopi Raman dan pencirian optikal ultralembayung-nampak (UV-Vis).

1.5 Skop Kajian

Kajian ini merupakan kajian filem nipis yang menggabungkan dua jenis bahan, iaitu organik dan tak organik. Jadi, kajian ini telah memilih polimer P3HT sebagai bahan organik dan dua jenis bahan tak organik iaitu CdS dan CdSe. Polimer P3HT akan dimendapkan bersama-sama ion-ion Cd^{2+} menggunakan kaedah *Langmuir* melalui teknik baru iaitu teknik ALD. Akan tetapi, polimer P3HT tidak bersifat amfifilik dan



tidak larut dalam air serta tidak boleh bergabung ion Cd^{2+} . Maka, kajian ini memerlukan bantuan SA untuk menarik ion-ion Cd^{2+} . Penyediaan filem nipis ini kemudiannya diteruskan dengan satu kaedah baru lagi iaitu kaedah pendedahan terhadap gas di mana, substrat yang telah dimendapkan menggunakan teknik ALD akan didedahkan terhadap gas Sulfida atau gas Selenida. Substrat dan gas akan diletakkan dan dibiarkan bersama-sama dalam satu bikar besar yang dimeteri ketat agar H_2S atau H_2Se tidak meresap keluar.

Keberkesanan kaedah-kaedah ini kemudiannya diuji dengan melakukan beberapa pencirian terhadap sampel filem nipis yang telah siap disediakan ini. Pembentukan partikel-partikel nano CdS dan CdSe pada P3HT serta keadaan dan kekasaran permukaan filem nipis dikaji dengan menggunakan mikroskop elektron pengimbas pancaran medan (FESEM) dan mikroskop daya atomik (AFM). Bagi menentukan kewujudan pembentukan molekul-molekul serta partikel-partikel yang hadir dalam sampel filem nipis, spektroskopi penyebaran tenaga sinar-X (EDX) digunakan. Spektroskopi Raman pula digunakan untuk melihat struktur yang terdapat dalam sampel filem nipis, manakala, spektroskopi ultralembayung-boleh dilihat (UV-Vis) untuk menentukan kewujudan spektra resapan molekul-molekul yang terdapat dalam sampel. Selain itu, kesan kehadiran molekul SA dan ion Cd^{2+} juga diuji dengan menggunakan instrumen *Langmuir*.





1.6 Organisasi Kajian

Terdapat lima bab dalam penulisan ini yang mana, bab-bab ini telah disusun secara berperingkat agar mudah difahami. Bab yang pertama iaitu Bab 1 merupakan pendahuluan bagi penulisan ini, bab ini menerangkan dan menggambarkan serba sedikit tentang kajian yang telah dilakukan. Bahagian pertama bab ini adalah pengenalan yang menceritakan asal usul dan punca kajian dicadangkan. Bab ini juga mengandungi pernyataan masalah serta objektif, objektif akan menyatakan tujuan dan hala tuju kajian ini dilakukan, berdasarkan punca masalah yang telah dinyatakan dalam pernyataan masalah.

Bab 2 menerangkan lebih mendalam tentang kajian, seperti menerangkan maklumat tentang teknik dan bahan yang digunakan berdasarkan fakta-fakta dan kajian-kajian yang sebelumnya. Bab 3 pula menerangkan langkah-langkah penyediaan filem nipis yang dilakukan dalam kajian ini secara mendalam dan terperinci, manakala bab 4 pula membincangkan keputusan atau hasil yang diperolehi dalam kajian ini. Akhir sekali bab 5 adalah bab yang menyimpulkan kajian dan memberi cadangan untuk penambahbaikan pada masa akan datang.

1.7 Rumusan Bab

Bab ini telah mengenalkan serba sedikit tentang kepentingan teknologi filem nipis hibrid organik dan tak organik, kepelbagaian kaedah penyediaannya serta tujuan kajian ini dilakukan. Walaupun banyak kaedah telah diperkenalkan namun, kaedah-





kaedah ini masih memerlukan penambahbaikan. Oleh itu, sasaran utama kajian ini adalah menghasilkan filem nipis hibrid organik dan tak organik yang berkualiti iaitu murah, mudah, fleksibel dan mempunyai nilai kecekapan yang tinggi seperti filem-filem nipis yang sedia ada dengan memperkenalkan dua kaedah pemendapan filem nipis yang baharu iaitu teknik ALD dan pendedahan terhadap gas. Kedua-dua kaedah pemendapan ini hanya menggunakan kos yang rendah kerana kedua-dua kaedah ini boleh dilakukan dalam keadaan suhu bilik, tidak memerlukan vakum yang tinggi dan jumlah penggunaan bahan yang digunakan adalah sedikit. Selain itu, penggunaan bahan hibrid organik dan tak organik dalam kajian ini juga dapat mengurangkan kos disamping memberi nilai kecekapan yang tinggi. Bagi melihat keberkesanan kedua-dua kaedah ini, pencirian terhadap sampel filem nipis hibrid ini juga dilakukan.

