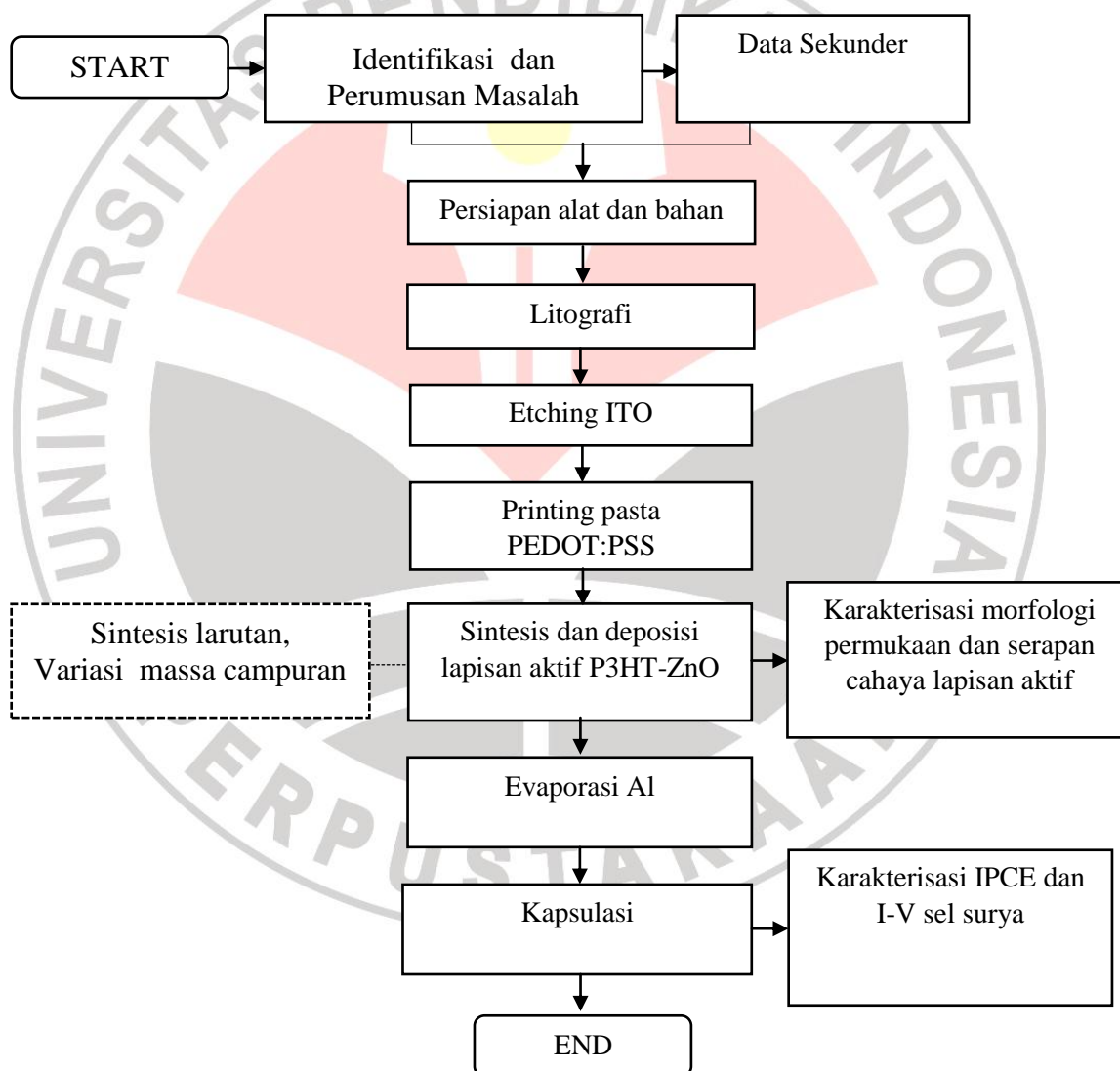


BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan oleh penulis pada penelitian mengenai “Pengaruh komposisi campuran lapisan aktif P3HT-ZnO terhadap karakteristik sel surya polimer substrat fleksibel” yaitu studi literatur dan eksperimen, dengan skema penelitian seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Bagan alur penelitian

Persiapan eksperimen berupa penyiapan alat dan bahan tertera dalam sub bab 3.3. Litografi dilakukan dengan bantuan aplikasi Corel Draw X5. Dalam proses ini penulis mendesain bentuk dan ukuran sel surya yang akan dibuat termasuk bentuk komponen didalamnya seperti anoda, lapisan transpor *hole*, lapisan aktif, dan katoda. Seluruh komponen disusun menumpuk seperti *sandwich*. Ukuran luas area aktif sel surya sebesar $2,6 \text{ cm}^2$ dengan dimensi $6,5 \text{ cm} \times 0,4 \text{ cm}$ seperti pada Gambar 3.8b.

Proses berikutnya adalah *etching* ITO sebagai anoda sesuai dengan pola yang telah dibuat pada proses litografi. Selanjutnya dilakukan deposisi PEDOT:PSS sebagai lapisan transpor *hole* menggunakan metode *screen printing* di atas ITO.

Sintesis larutan untuk lapisan aktif dengan mencampur polimer P3HT dengan semikonduktor ZnO. Variasi massa campuran kedua bahan tersebut menjadi variabel bebas dalam penelitian ini. Deposisi larutan P3HT-ZnO dilakukan dengan metode spin coating. Dengan cara ini, larutan P3HT-ZnO diteteskan di atas lapisan PEDOT:PSS dan kemudian sampel diputar dengan putaran 1500 rpm selama 0,5 menit. Selanjutnya dilakukan karakterisasi Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk mengetahui morfologi permukaan lapisan aktif serta karakterisasi UV-Vis untuk mengetahui serapan optik lapisan aktif.

Deposisi aluminium dengan metode evaporasi akan dilakukan menggunakan *thermal evaporator*. Dengan cara ini, aluminium diuapkan pada tekanan yang sangat rendah. Selanjutnya proses kapsulasi dilakukan dengan meletakkan sealant di antara lapisan aluminium dengan PET kemudian dipanaskan. Kemudian dilakukan karakterisasi *induced photon current efficiency* (IPCE) untuk mengetahui perbandingan foton yang masuk dengan arus yang dihasilkan sel surya. Serta karakterisasi hubungan arus-tegangan (I-V) dilakukan untuk mengetahui parameter-parameter sel surya seperti arus *short circuit*, tegangan *open circuit*, daya maksimum, *fill factor*, dan efisiensi konversi sel surya.

3.2. Lokasi Penelitian

Tempat : Laboratorium Bahan dan Komponen Mikroelektronika Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi–Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (PPET–LIPI)

Waktu : Februari 2013-Mei 2013

Alamat : Komplek LIPI Jl. Sangkuriang Gd. 20 – Bandung 40135 telp. 022-2505660, 2504661 Fax. 022-2504659.

3.3. Alat dan Bahan

3.3.1. Alat

1. Penggaris
2. Cutter
3. Spin Coating
4. Screen Maker
5. Exposure Unit
6. Mesin Printing
7. Peralatan kimia
8. Oven vacuum
9. Ultrasonic cleaner
10. Vetri Dish

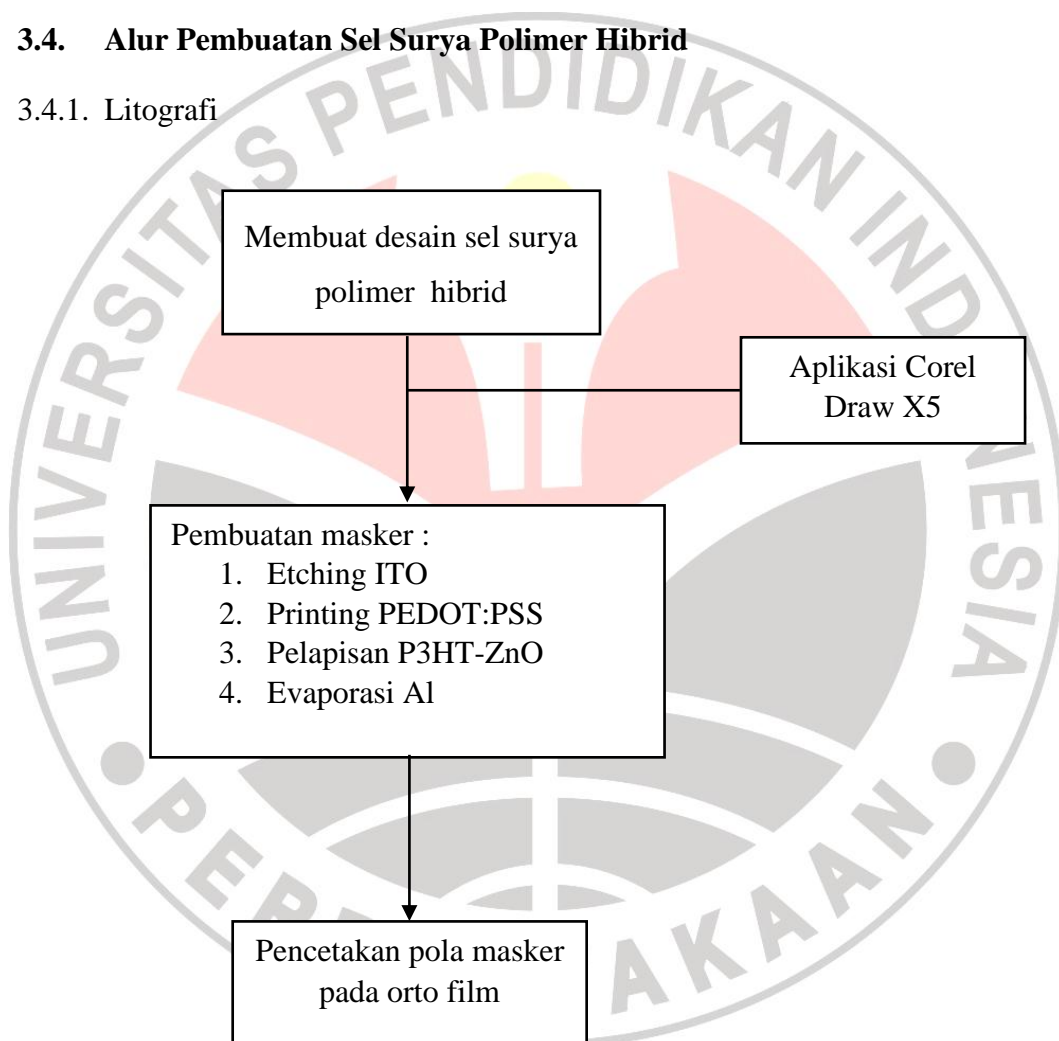
3.3.2. Bahan

1. Substrat PET (*Poly Ethylene Thereptalant*) yang telah dilapisi oleh ITO (*Indium Tin Oxide*) dari Sigma Aldrich
2. Fotoresist cair positif dan developer MF-319 dari Shipley
3. Aseton
4. Larutan HCl (asam klorida)
5. DI H₂O (DIonized Water)
6. Deterjen Cair
7. Isopropanol Analysis dari Merck

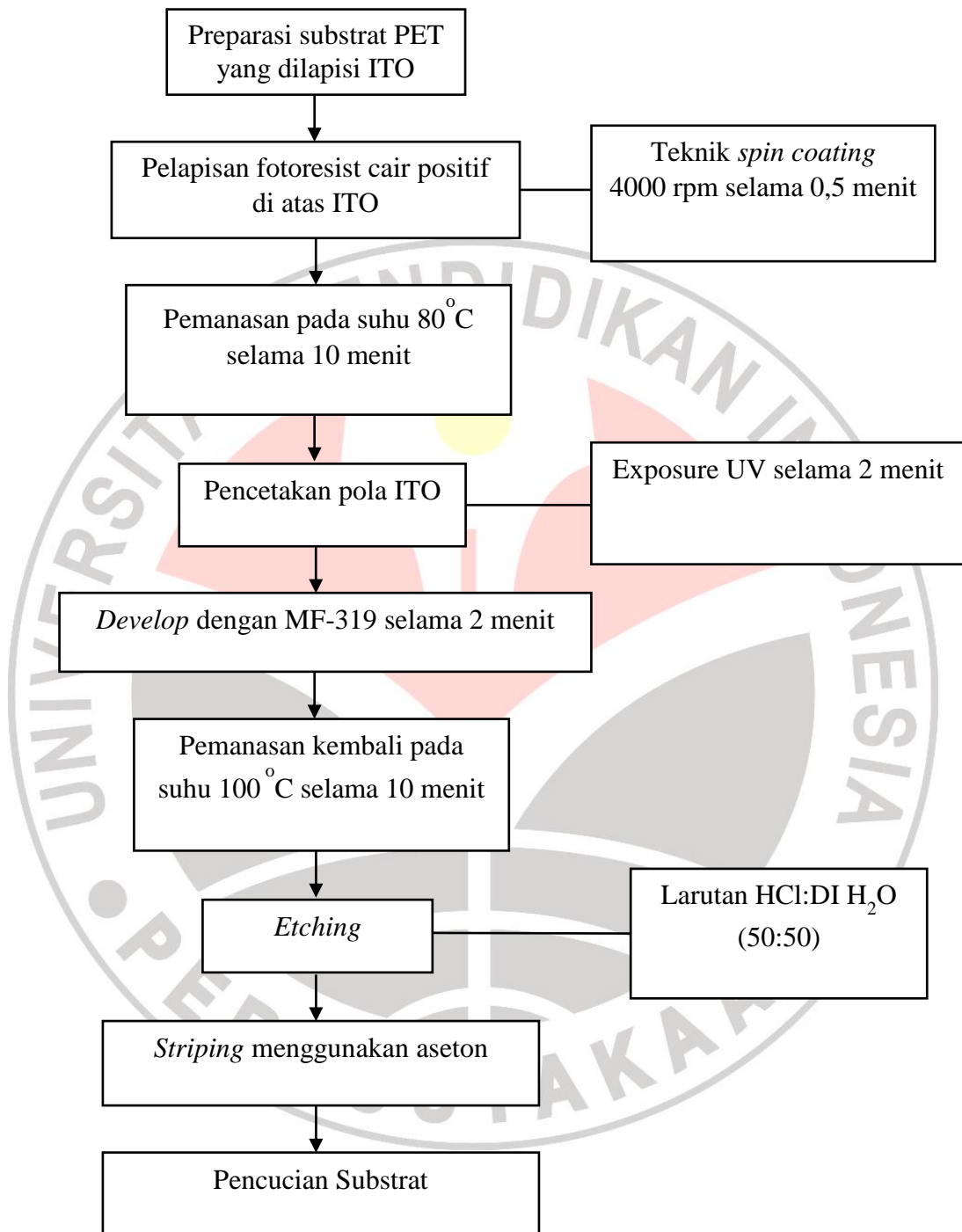
8. Chlorobenzene dari Sigma Aldrich
9. Pasta PEDOT:PSS dari Orgacon Agfa
10. ZnO (*Zinc Oxide*) dari Sigma Aldrich
11. P3HT (*poly(3-hexylthiophene)*) dari Sigma Aldrich
12. Bahan pembuatan pola screen sablon : Ulano 133, Ulano Line, Ulano 23 dan Ulano 155+emulsi.

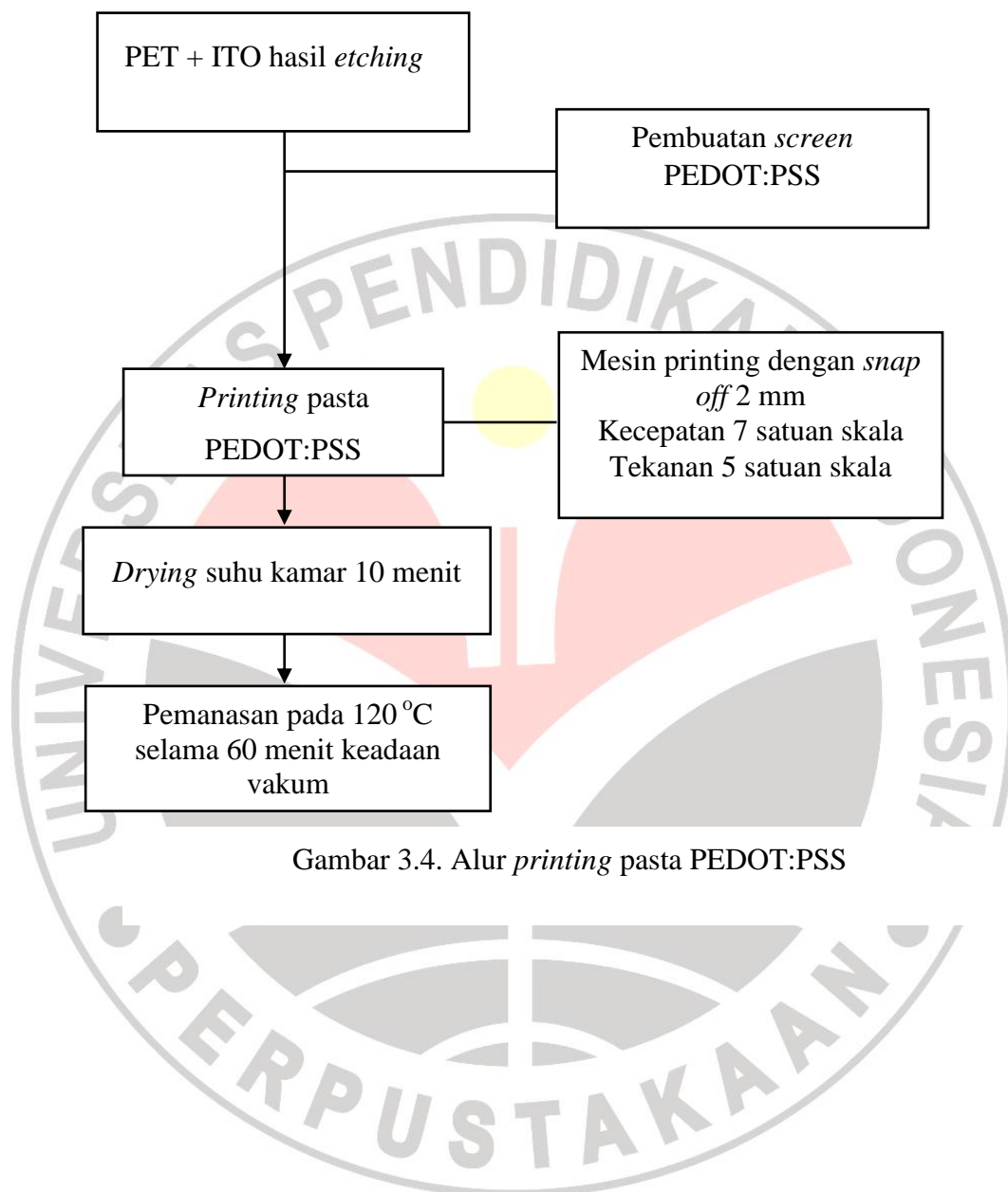
3.4. Alur Pembuatan Sel Surya Polimer Hibrid

3.4.1. Litografi

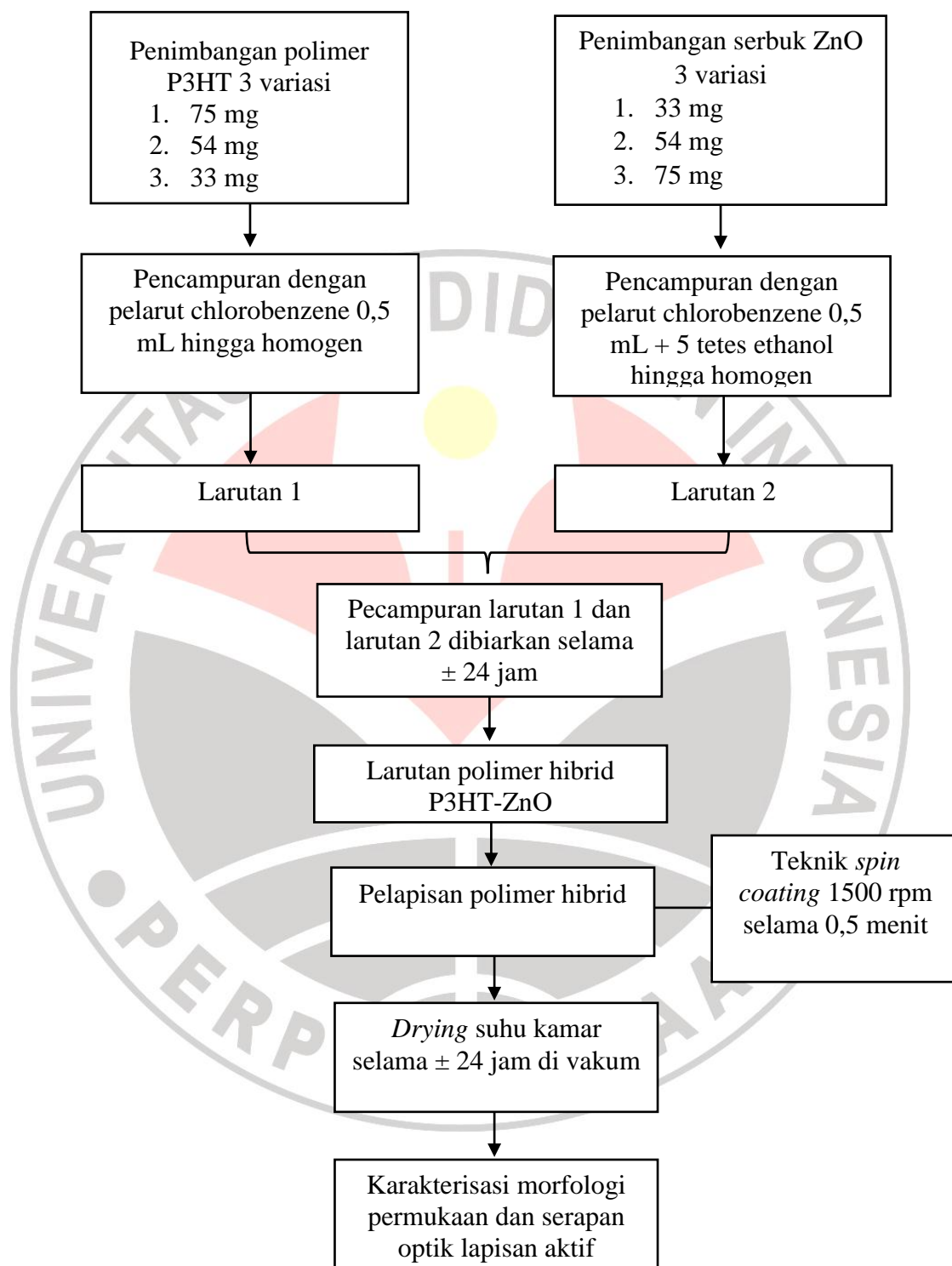


Gambar 3.2. Alur proses litografi

3.4.2. *Etching* ITOGambar 3.3. Alur *etching* ITO

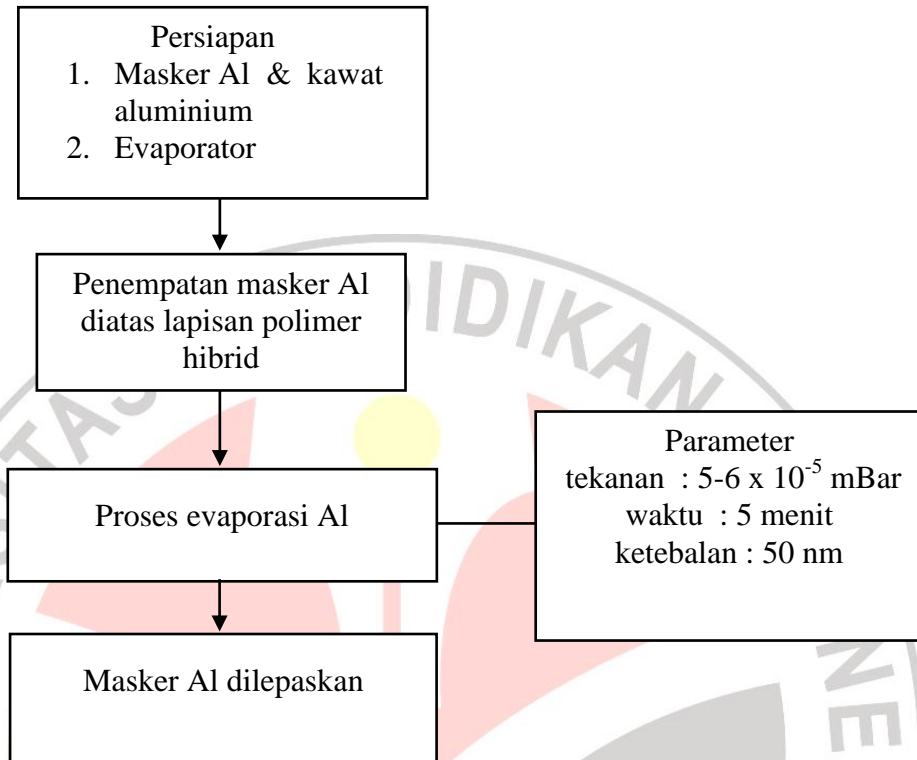
3.4.3. *Printing* pasta PEDOT:PSSGambar 3.4. Alur *printing* pasta PEDOT:PSS

3.4.4. Sintesis dan Pelapisan Larutan P3HT-ZnO



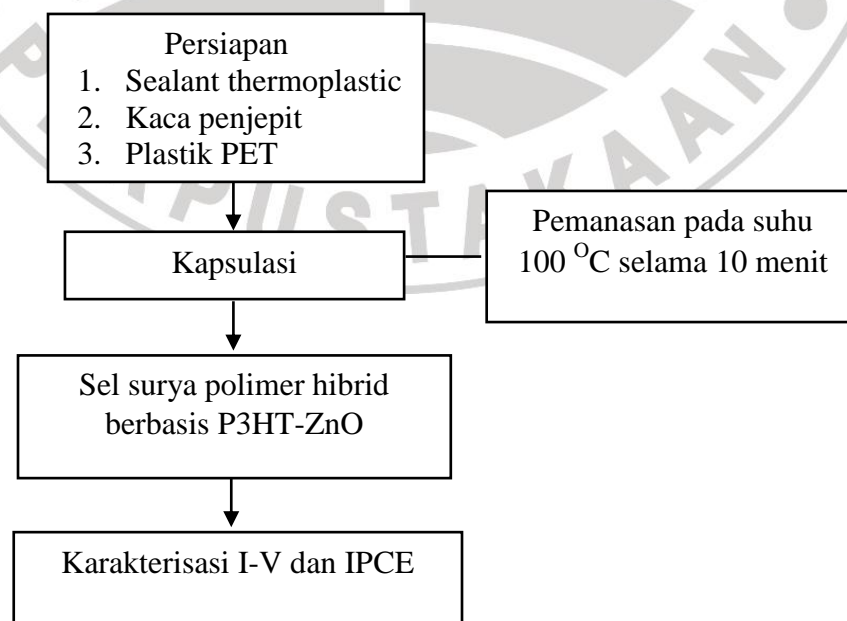
Gambar 3.5. Alur sintesis dan pelapisan polimer hibrid P3HT-ZnO

3.4.5. Evaporasi aluminium



Gambar 3.6. Alur evaporasi aluminium

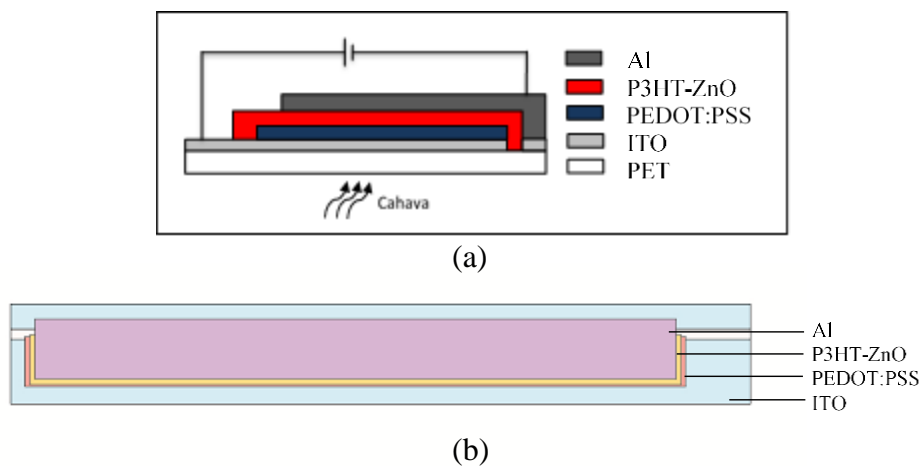
3.4.6. Kapsulasi



Gambar 3.7. Alur kapsulasi

3.5. Prosedur Pembuatan Sel Surya Polimer Hibrid

Pada penelitian ini pembuatan sel surya polimer hibrid P3HT-ZnO menggunakan konsep *hybrid bulk heterojunction* pada lapisan aktifnya. Semua material diletakkan secara menumpuk seperti sandwich (Gambar 3.8).



Gambar 3.8. Skema sel surya *hybrid bulk heterojunction* tampak samping (a) dan tampak atas (b)

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan proses yaitu :

3.5.1. Litografi

Proses litografi (sesuai Gambar 3.2) pada penelitian ini terdiri dari:

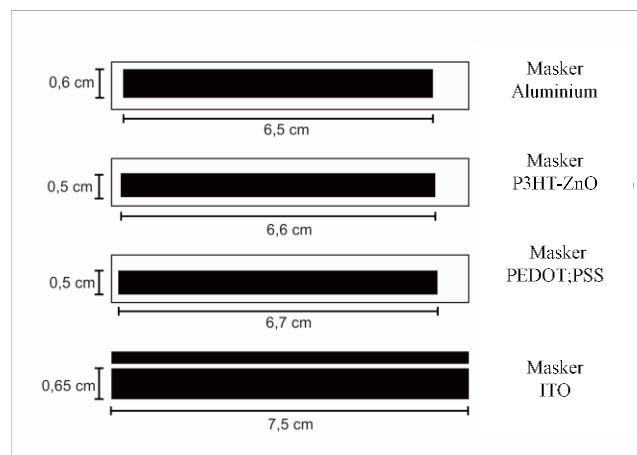
- Pembuatan masker ITO untuk proses etching , dengan ukuran panjang 7,5 cm dan lebar 0,65 cm.
- Pembuatan masker PEDOT:PSS untuk proses printing, dengan ukuran panjang 6,7 cm dan lebar 0,5 cm.
- Pembuatan masker P3HT/ZnO dengan ukuran panjang 6,6 cm dan lebar 0,5 cm.
- Pembuatan masker aluminium untuk proses evaporasi, dengan ukuran panjang 6,5 cm dan lebar 0,6 cm.

Keempat proses diatas dilakukan dengan bantuan software Corel X5. Kemudian dicetak pada kertas film transparan sesuai Gambar 3.9.

Rifan Satiadi , 2013

Pengaruh Komposisi Campuran Lapisan Aktif P3ht-Zno Terhadap Karakteristik Sel Surya Polimer Hibrid Substrat Fleksibel

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



Gambar 3.9. Pola masker

3.5.2. Etching ITO

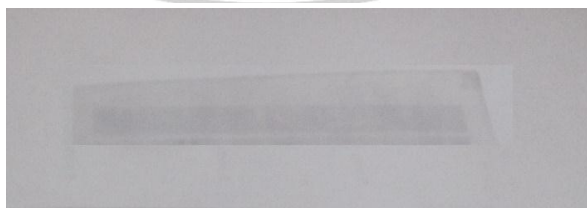
Proses *etching* (sesuai dengan Gambar 3.3) pada penelitian ini bertujuan untuk membentuk isolator dengan cara menghilangkan ITO yang tidak diperlukan. Preparasi substrat berukuran 7,5 cm x 1 cm yang telah dilapisi ITO dengan ketebalan 100 nm (Aldrich). Resistansi *sheet* ITO adalah $60\Omega/\square$. Pelapisan fotoresist cair positif (Shipley) dilakukan dengan teknik *spin coating*. Sampel diletakkan di atas piringan tepat dibagian tengahnya. Kemudian vakumkan sampel tersebut, tetesi seluruh bagian permukaan ITO dengan fotoresist cair positif. Operasikan alat dengan parameter putaran piringan sebesar 4000 rpm selama 0,5 menit. Setelah itu sampel dipanaskan kedalam oven selama 10 menit pada temperatur $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hal ini bertujuan supaya resist cair positif menempel kuat dengan ITO.



Pencetakan pola ITO dilakukan dengan meletakkan masker ITO (Gambar 3.9) diatas fotoresist yang telah melekat pada sampel. Kemudian disinari dengan sinar UV yang dihasilkan oleh alat UV Exposure selama 2 menit. Untuk fotoresist positif bagian yang tidak terkena sinar akan semakin kuat berikatan dengan sampel, sedangkan bagian yang terkena sinar akan semakin lemah berikatan dengan sampel. Setelah disinari, sampel di *develop* dengan developer MF-319 (Shipley) selama 2 menit tujuannya adalah menghilangkan fotoresist yang terkena sinar UV, hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3.10. Panaskan kembali sampel pada temperatur 100°C selama 10 menit, bertujuan supaya fotoresist berikatan semaiqn kuat dengan sampel. Hasilnya sampel akan di-*etching* dengan larutan HCl 50% selama 3 menit. Untuk menghilangkan fotoresist yang menempel pada sampel dilakukan proses *stripping* dengan menggunakan aseton sebagai pelarut fotoresist.

Setelah proses *etching* selesai substrat dicuci untuk menghilangkan sisa kotoran atau debu yang menempel pada permukaan substrat. Pencucian sampel terdiri dari beberapa tahap yaitu :

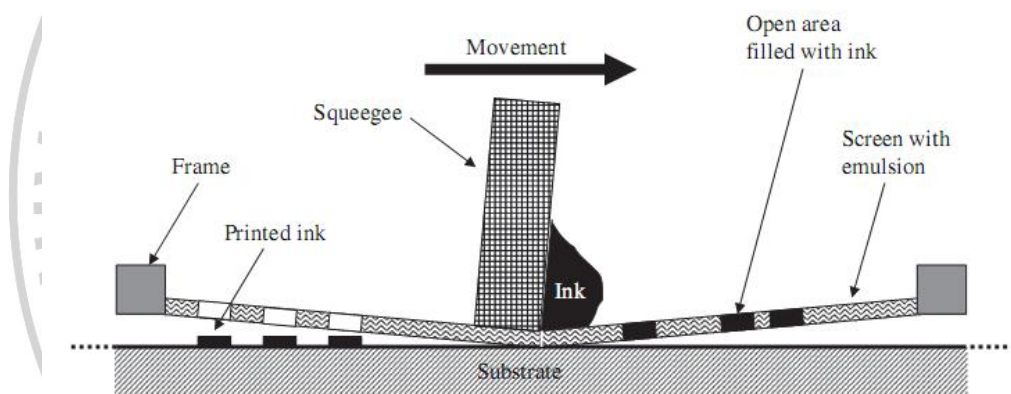
- a. Dichelup kedalam air (100 mL) yang telah dicampur dengan deterjen cair (5 mL)
- b. Masukkan substrat ke dalam DI H₂O hingga seluruh permukaannya tercelup
- c. Kemudian letakkan kedalam ultrasonic cleaner selama 10 menit
- d. Lakukan langkah b-c dengan mengganti DI H₂O dengan *isopropanol analysis*
- e. Keringkan, hasil etching dapat dilihat pada Gambar 3.11



Gambar 3.11. Hasil *etching* ITO

3.5.3. Printing pasta PEDOT:PSS

Proses *screen printing* dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahap pertama pasta ditempatkan merata di depan *squeegee* dengan posisi tegak. Pada tahap kedua *squeegee* mendorong pasta melalui lubang-lubang pada screen ke atas substrat dengan tekanan yang dapat diatur. Tahap terakhir *squeegee* terangkat kembali. Seluruh tahap *printing* disebut satu kali sapuan *printing*. Proses *printing* dapat juga dilakukan dalam beberapa kali sapuan. Semakin banyak jumlah sapuan *printing* maka akan semakin tebal pasta yang akan tercetak pada substrat. Berikut skema teknik *screen printing* pada



Gam

bar 3.12. Skema dari teknik *screen printing* (Krebs, 2008)

Gambar 3.12.

Pada proses pelapisan pasta PEDOT:PSS (sesuai Gambar 3.4), langkah pertama adalah pembuatan *screen* pola PEDOT:PSS. *Screen* yang digunakan berbahan nilon dengan *mesh* 300 (tiap 1 inch terdapat 300 lubang). Langkah-langkah pembuatan *screen* pola PEDOT:PSS adalah sebagai berikut :

- a. Cuci *screen* yang akan digunakan dengan Ulano 23 untuk menghilangkan lemak yang menempel pada *screen*, setelah itu keringkan.
- b. Siapkan pasta campuran ulano 155 dengan katalisnya, perbandingan 1 kg : 100 mL

- c. Proses berikutnya di lakukan di ruang gelap dikarenakan ulano 133 peka terhadap cahaya.
- d. Tempelkan ulano line sesuai ukuran pola di depan *screen*
- e. Oleskan pasta ulano 133 pada bagian yang terdapat ulano line menempel
- f. Keringkan selama 15 menit hingga ulano line menempel pada screen
- g. Kelupas plastik yang menempel pada ulano line
- h. Kemudian letakkan masker PEDOT:PSS (Gambar 3.9) diatas ulano line
- i. Screen diletakkan di dalam mesin *screen maker* untuk disinari selama 10 menit, dalam proses ini bagian yang terkena sinar akan semakin kuat berikatan pada screen sedangkan yang terkena sinar akan semakin lemah berikatan.
- j. Semprot bagian yang terdapat ulano line tersebut secara perlahan hingga pola PEDOT:PSS muncul (sesuai Gambar 3.13a), lalu keringkan



Gambar 3.13. Screen PEDOT:PSS (a) dan hasil printing PEDOT:PSS (b)

Pada proses printing, *snap off* (jarak *screen* dengan sampel yang akan di *printing*) yang digunakan sebesar 2 mm, kecepatan menyapu pasta sebesar 7 satuan skala alat dan tekanan rakel sebesar 5 satuan skala alat. Pasta PEDOT:PSS (Agfa) di *printing* dengan satu kali sapuan. Dilanjutkan dengan proses *drying* suhu kamar selama 10 menit lalu di panaskan selama 60 menit keadaan vakum pada temperatur 120° C. Hasil printing PEDOT:PSS ditunjukkan oleh Gambar 3.13b.

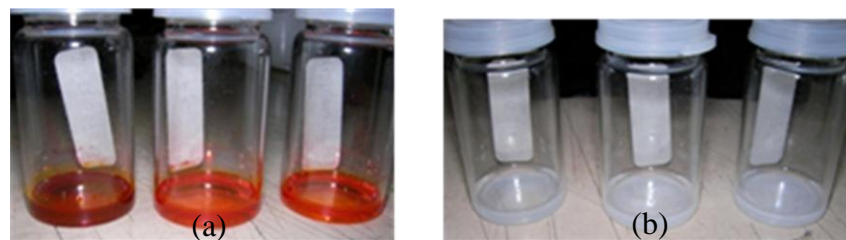
3.5.4. Sintesis dan deposisi lapisan aktif P3HT-ZnO

Sintesis dan pelapisan larutan P3HT-ZnO sesuai dengan alur pada Gambar 3.5. Pembuatan larutan P3HT-ZnO ini merupakan parameter yang akan dijadikan variabel pengamatan. Komposisi campuran ini berupa perbandingan massa P3HT dan ZnO pada lapisan aktif. Perbandingan massa antara P3HT dan ZnO yang akan diamati adalah 7:3, 1:1 dan 3:7. Langkah pertama adalah menimbang P3HT (Aldrich) dan ZnO (Aldrich) sesuai dengan perbandingan. Berikut masing-masing massa untuk P3HT dan ZnO pada tabel.1.

Tabel 1. Perbandingan Massa P3HT dan ZnO

Perbandingan Massa	Massa P3HT	Massa ZnO
7:3	75 mg	33 mg
1:1	54 mg	54 mg
3:7	33 mg	75 mg

Langkah berikutnya adalah melarutkan P3HT dan ZnO ke dalam chlorobenzene 0,5 mL, khusus untuk ZnO ditambahkan ethanol 5 tetes supaya serbuk ZnO tidak mengendap. Diamkan kedua larutan tersebut selama ± 24 jam supaya semua larutan tercampur sempurna. Setelah terlarut semua, campurkan larutan P3HT (Gambar 3.14a) dengan larutan ZnO (Gambar 3.14b) kedalam satu wadah dan aduk hingga tercampur. Gambar 3.14a dari kiri ke kanan komposisi P3HT semakin berkurang dan Gambar 3.14b dari kiri ke kanan komposisi ZnO semakin bertambah. Selanjutnya diamkan selama ± 24 jam supaya larutan tercampur sempurna. Campuran larutan (Gambar 3.15) ini yang akan digunakan sebagai bahan untuk lapisan aktif sel surya polimer hibrid. Gambar 3.15 dari kiri ke kanan komposisi campuran P3HT semakin berkurang.



Gambar 3.14. Larutan P3HT(a) dan larutan ZnO (b)



Gambar 3.15. Campuran P3HT-ZnO

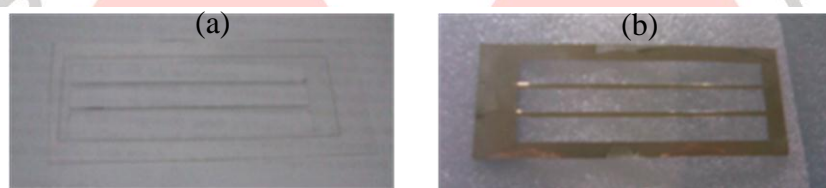
Pelapisan lapisan aktif P3HT-ZnO (sesuai dengan Gambar 3.5) dilakukan dengan metode *spin coating*. Sebelumnya sampel telah ditutupi selotip dengan bagian yang terbuka sesuai pola untuk polimer (Gambar 3.9). Setelah itu sampel diletakkan pada bagian tengah piringan alat pada keadaan vakum. Tetesi bagian yang tidak ditutup selotip dengan larutan polimer hibrid yang telah dibuat secara merata. Operasikan alat dengan putaran 1500 rpm selama 0,5 menit. Setelah itu drying sampel pada suhu kamar selama ± 24 jam dalam keadaan vakum, hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3.16. Untuk mengetahui morfologi permukaan dari lapisan aktif dilakukan karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Serta untuk mengetahui serapan optik dari lapisan aktif dilakukan karakterisasi UV-Vis.



Gambar 3.16. Hasil pelapisan polimer hibrid P3HT-ZnO

3.5.5. Evaporasi aluminium

Evaporasi adalah salah satu teknik deposisi lapisan tipis dengan mengubah zat padat menjadi uap. Pada penelitian ini aluminium 99,99% (Aldrich) untuk evaporasi berwujud padat diubah menjadi uap oleh alat evaporator. Prosedur evaporasi sesuai Gambar 3.5, masker evaporasi (Gambar 3.17a) diletakkan di atas substrat hasil proses pelapisan polimer hibrid. Evaporasi dilakukan dalam keadaan vakum dengan tekanan $5-6 \times 10^{-5}$ mBar selama 5 menit dengan hasil ketebalan 50 nm. Gambar 3.17b menunjukkan masker yang digunakan setelah proses evaporasi menjadi tertutup aluminium. Hasil evaporasi aluminium diatas lapisan aktif P3HT-ZnO dapat dilihat pada Gambar 3.18 membentuk lapisan aktif seluas $2,6 \text{ cm}^2$.



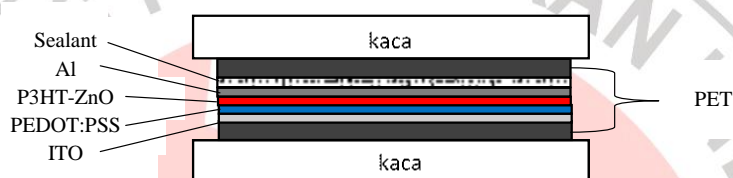
Gambar 3.17. Masker evaporasi aluminium (kiri) dan masker setelah evaporasi aluminium (kanan)



Gambar 3.18. Hasil evaporasi aluminium

3.5.6. Kapsulasi

Proses kapsulasi (sesuai Gambar 3.7) yang dilakukan adalah dengan menempelkan PET diatas lapisan aluminium dengan menggunakan sealant thermoplastic dari Dyesol sesuai skema pada Gambar 3.18. Kemudian dijepit dengan kaca (Gambar 3.20) supaya permukaannya tetap datar dan dipanaskan 100 °C selama 10 menit. Selanjutnya dilakukan karakterisasi *induced photon current efficiency* (IPCE) dan karakterisasi hubungan arus-tegangan (I-V).



Gambar 3.19. Skema kapsulasi sel surya



Gambar 3.20. Proses kapsulasi sel surya tampak atas

3.6. Karakterisasi

3.6.1. Karakterisasi Morfologi Permukaan

Morfologi permukaan lapisan aktif dikarakterisasi dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*). Morfologi permukaan yang ditinjau adalah banyaknya pori pada lapisan tersebut pada variasi komposisi campuran. Sebelum sampel di SEM dilakukan proses *coating* yaitu pelapisan konduktor pada sampel agar sampel menjadi lebih konduktif. Proses *coating* dan analisis

SEM dilakukan di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam-Institut Teknologi Bandung (FMIPA-ITB).

3.6.2. Karakterisasi Serapan Cahaya

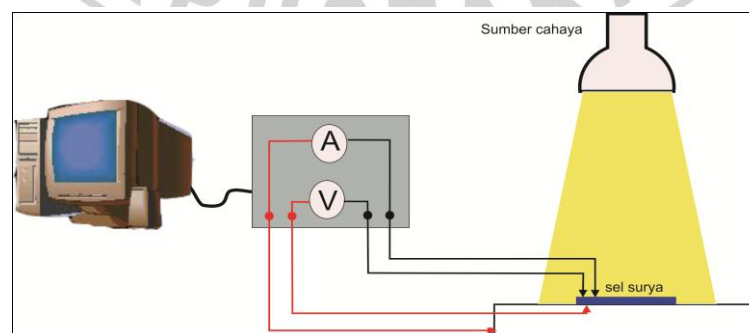
Karakterisasi serapan cahaya dilakukan dengan menggunakan spektroskopi UV-Vis. Karakterisasi ini berguna untuk mengetahui hubungan antara serapan optik material yang digunakan dengan panjang gelombang cahaya pada spektrum ultraviolet sampai cahaya tampak. Proses karakterisasi dilakukan di Universitas Sebelas Maret, Solo.

3.6.3. Karakterisasi IPCE

Karakterisasi *Incident Photon to Current Efficiency* (IPCE) berguna untuk mengetahui perbandingan antara jumlah muatan yang berkontribusi dalam menghasilkan arus penyinaran dengan jumlah foton yang mengenai peranti. Proses karakterisasi dilakukan di Universitas Sebelas Maret, Solo.

3.6.4. Karakterisasi Listrik

Pengukuran arus–tegangan (I–V) dilakukan dengan menyinari divais sel surya dibawah penyinaran standar spektrum matahari AM1.5 (1000 W/m^2). Penyinaran dengan lampu xenon dengan intensitas cahaya 270 W/m^2 dan temperatur ruangan 27°C . Alat yang digunakan untuk pengukuran IV sel surya yang digunakan terdiri dari Solar Simulator Oriel, piranometer, alat ukur I-V dari National Instrument, dan sebuah komputer dengan aplikasi Lab View. Skema rangkaian pengukuran I-V sel surya dapat dilihat pada Gambar 3.21.



Gambar 3.21. Skema pengukuran I-V

Rifan Sati:

Pengaruh Komposisi Campuran Lapisan Aktif P3ht-Zno Terhadap Karakteristik Sel Surya Polimer Hibrid Substrat Fleksibel

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Data hasil pengukuran akan terekam oleh komputer dengan *software* LabView. Dari hasil pengukuran I-V dengan menggunakan I-V measurement, keluaran data berupa file berformat *lvm*. File tersebut lalu dibuka dan diolah dengan menggunakan Microsoft Office Excel. Di dalam file tersebut terdapat parameter-parameter dari sel surya yang terukur antara lain daya maksimum (P_m), tegangan *open circuit* (V_{oc}), arus *short circuit* (I_{sc}), efisiensi (η), *fill factor* (FF), serta intensitas cahaya penyinaran yang digunakan ketika penyinaran.

