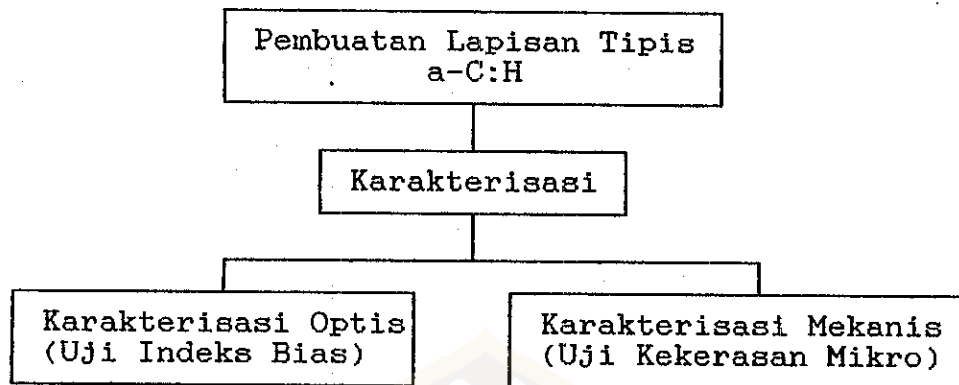


## BAB III METODA PENELITIAN

### 3.1. Tahapan Penelitian

Secara umum penelitian ini dilakukan sesuai dengan tahapan:



### 3.2. Pembuatan Lapisan Tipis a-C:H

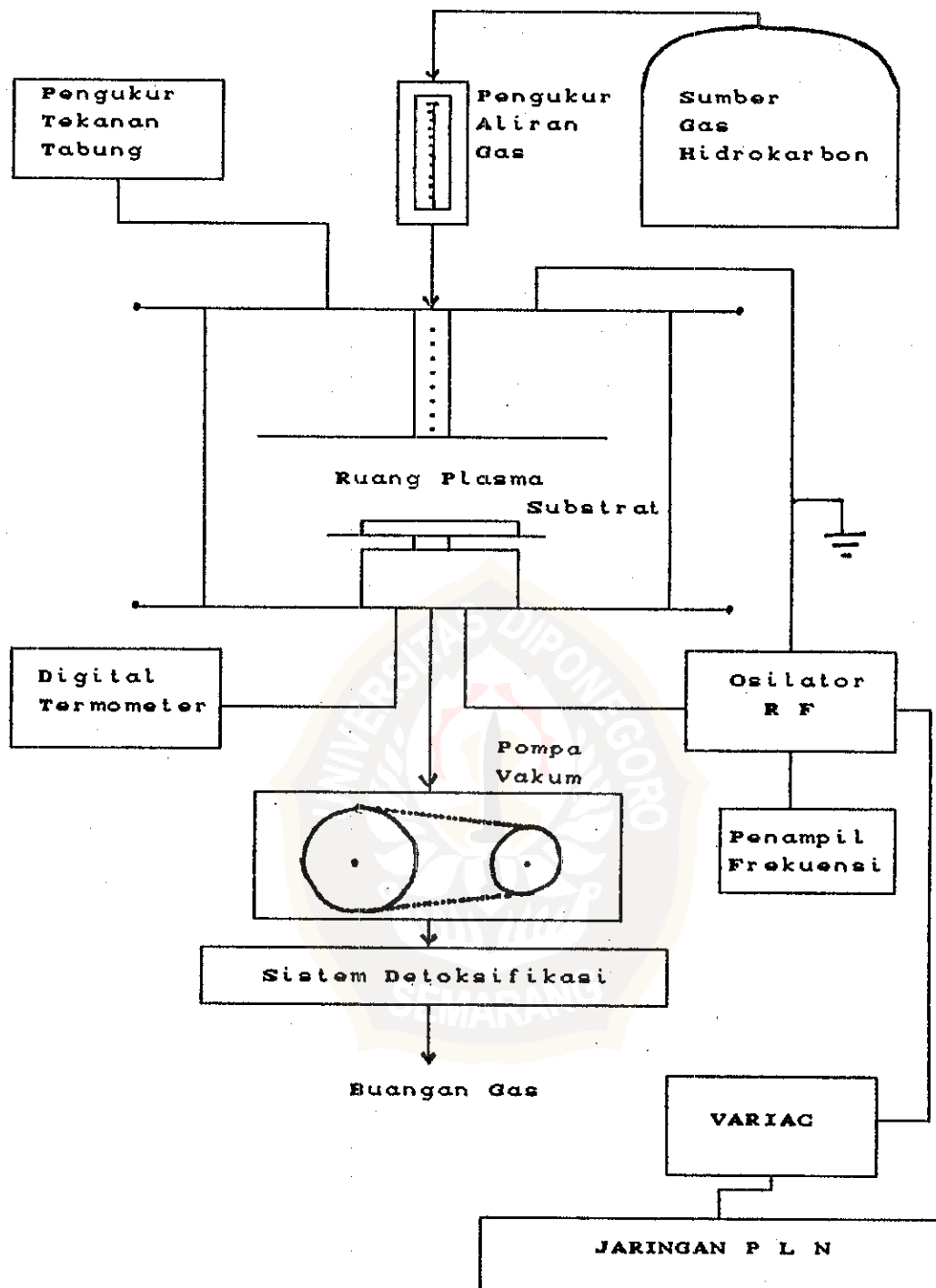
#### 3.2.1. Bahan-Bahan

Bahan yang digunakan untuk pembuatan lapisan tipis a-C:H adalah gas hidrokarbon yang berasal dari cairan benzena ( $C_6H_6$ ) dan sebagai substrat adalah kaca preparat dan lempengan besi. Sebagai bahan pembersih substrat diperlukan larutan  $CCl_4$ , aseton, alkohol dan air demineralisasi.

#### 3.2.2. Peralatan

Peralatan yang dipergunakan untuk membuat lapisan tipis a-C:H, secara umum dapat digambarkan seperti pada Gambar 3.1.

## PengeSetan Alat

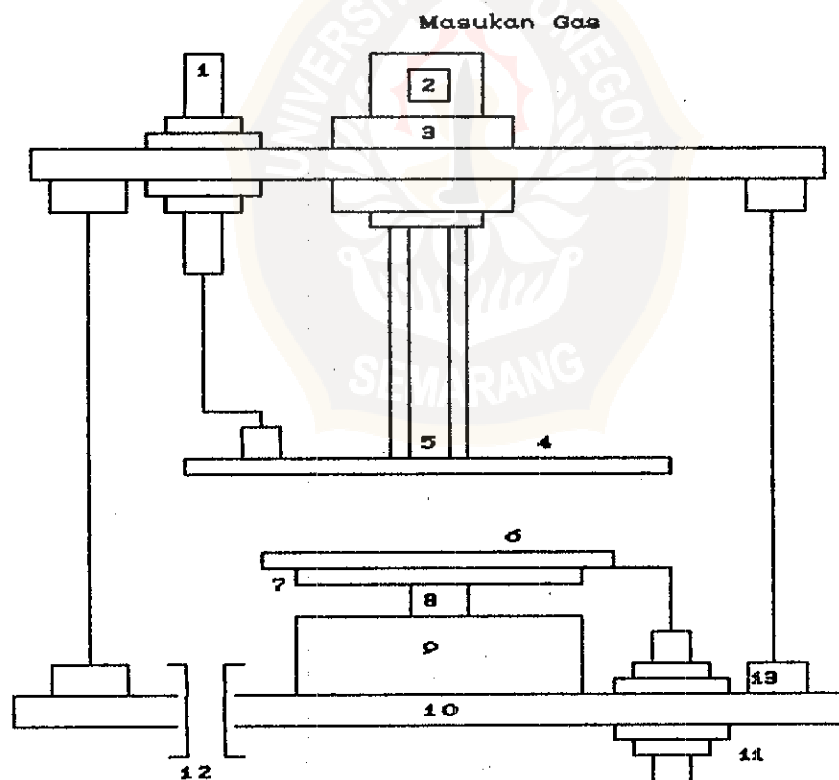


Gambar 3.1. Skema sistem peralatan deposisi plasma lucutan pijar RF PPNY-BATAN Yogyakarta menurut Holland (Sudjono dkk., 1989)

### 1. Tabung reaktor

Tabung reaktor adalah tempat berlangsungnya proses ionisasi gas, pembentukan plasma dan deposisi plasma pada substrat. Tabung ini terbuat dari gelas dilengkapi dengan *vacuum feed through* yang berfungsi sebagai penghubung beberapa alat ukur yang berada di luar tabung dengan komponen yang ada di dalam tabung seperti terlihat pada Gambar 3.2.

Di dalam bejana terdapat dua buah elektroda yang dipasang paralel. Elektroda atas ditanahkan, sedangkan elektroda bawah merupakan tempat substrat dan dihubungkan dengan sumber RF.



Gambar 3.2. Tabung reaktor plasma lucutan pijar RF  
(Sudjatmoko dkk., 1995)

Keterangan :

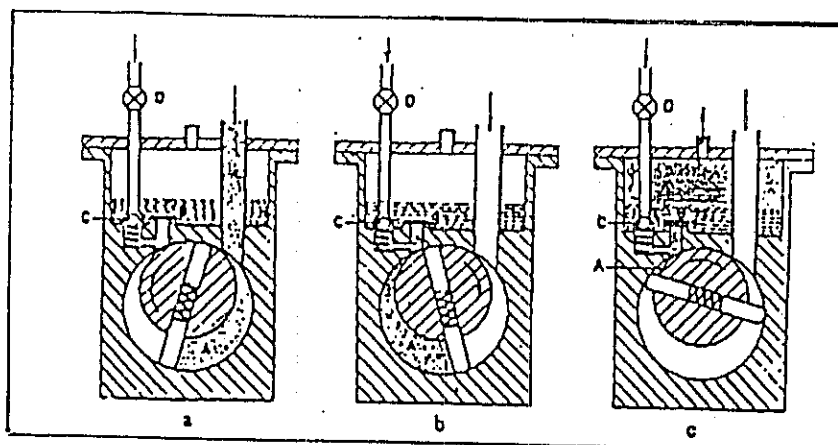
- |                             |                     |
|-----------------------------|---------------------|
| 1. Saluran RF               | 8. Klem kuningan    |
| 2. Rotary shaft vacuum seal | 9. Tangki elektroda |
| 3. Blok isolator tefnol     | 10. Plat dasar      |
| 4. Elektroda atas           | 11. Saluran RF      |
| 5. Mulut Pipa gas           | 12. Ke pompa rotari |
| 6. Elektroda bawah          | 13. O-Ring          |
| 7. Pemanas                  |                     |

## 2. Sistem Detoksifikasi

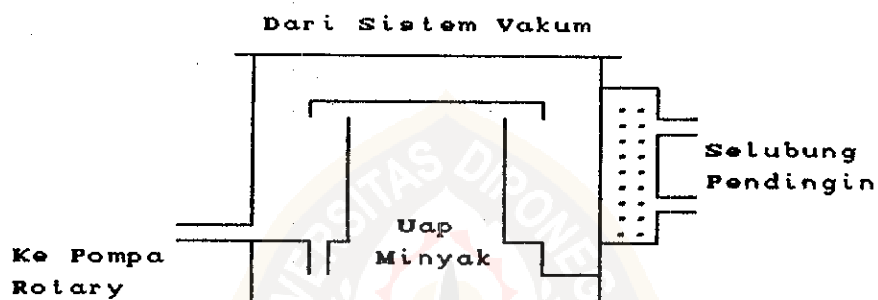
Sistem detoksifikasi adalah sistem yang berfungsi menghancurkan gas-gas yang tidak bereaksi pada proses *plasma glow discharge* serta menetralisasi sifat toksifitasnya sebelum dibuang ke udara. Sistem ini berupa sebuah tangki yang berisi larutan  $\text{KMnO}_4$  yang akan bereaksi dengan gas-gas sisa. Selanjutnya hasil reaksi ini dibuang melalui lubang keluaran gas dengan sebuah pompa pembuang gas (*exhaust pump*) yang dihubungkan ke sistem detoksifikasi.

## 3. Pompa Vakum

Pompa vakum digunakan untuk memvakumkan tabung reaktor plasma dari gas-gas pengotor sekaligus sebagai penyedia lingkungan hampa untuk proses deposisi plasma. Untuk sistem plasma lucutan pijar, ruangan dihampakan dan dijaga tekanannya oleh dua unit pompa yaitu pompa rotari dan pompa difusi. Tingkat kehampaan pompa rotari sekitar  $10^{-2}$  hingga  $10^{-3}$  Torr, sedangkan untuk pompa difusi dapat mencapai  $10^{-6}$  hingga  $10^{-7}$  Torr.



Gambar 3.3. Penampang pompa rotari dengan gas ballast (Roll, 1977)



Gambar 3.4. dasar pompa difusi bertingkat satu (Roll, 1977)

#### 4. Osilator Radio Frekuensi (RF)

Osilator RF berfungsi untuk memasok daya dan memberikan getaran listrik pada daerah frekuensi radio terhadap partikel-partikel gas hidrokarbon untuk memicu proses ionisasi dan pembentukan plasma dalam tabung reaktor. Osilator RF dirangkai dari rangkaian L, C dan komponen lain termasuk transformator untuk menyesuaikan tegangan dari "variac". Komponen utama RF adalah sebuah tabung trioda jenis QB 3/300 yang mempunyai daya keluaran 375 watt pada tegangan anoda 3 kV dan arus anoda 176 mA.

## 5. "Variac"

"Variac" dipergunakan untuk mengambil tegangan listrik dari jaringan PLN dan memasok ke dalam osilator RF maupun elemen pemanas pada katoda. Tegangan keluaran "variatic" dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan.

## 6. Pengukur Kevakuman

Pengukur kevakuman digunakan untuk mengukur tingkat kevakuman tabung reaktor, menggunakan thermistor /ionization gauge CG-8 buatan Dynavac PTY LTD. Australia.

## 6. Pengukur Suhu

Pengukur suhu digunakan untuk mengukur suhu substrat, menggunakan termometer digital model 2168 multitype buatan John Fluke MFG. Co. USA.

## 7. Pengukur Aliran Gas

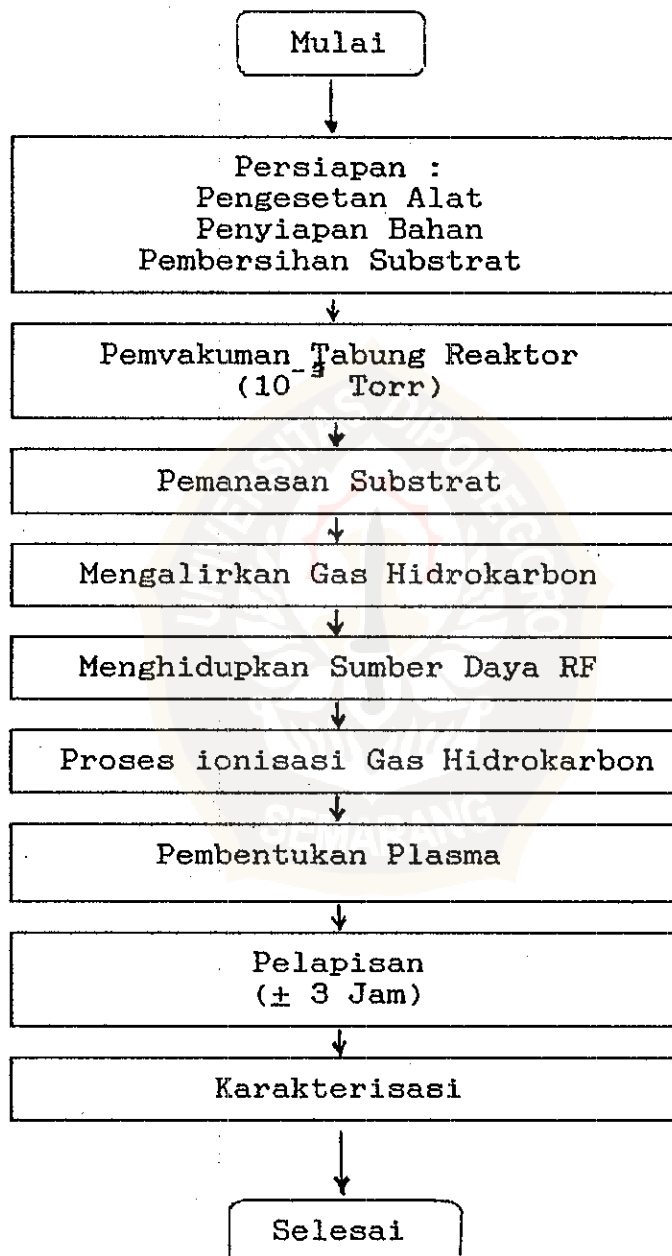
Pengukur aliran gas digunakan untuk mengukur laju gas hidrokarbon yang masuk ke dalam tabung reaktor, menggunakan flowmeter model 7449 T buatan Matheson USA.

## 8. Pencacah Frekuensi

Pencacah frekuensi digunakan untuk menampilkan frekuensi keluaran osilator RF, menggunakan frequency counter FC-756 buatan Trio Jepang.

### 3.1.3. Cara Kerja

Untuk mendapatkan hasil deposisi lapisan tipis a-C:H sesuai yang diharapkan, maka dapat dilakukan tata urutan kerja seperti bagan alur di bawah ini:



Gambar 3.5. Bagan alur pembuatan lapisan tipis a-C:H

### 1. Persiapan.

Persiapan dilakukan sebelum proses pembuatan lapisan tipis a-C:H, meliputi pengesetan alat, penyiapan bahan yaitu gas hidrokarbon ( $C_6H_6$ ), pencucian substrat dengan air detergen, alkohol, dan aseton ( $CH_3COCH_3$ ), pengeringan substrat dan meletakkan substrat di atas elektroda bawah.

### 2. Pevakuman Tabung Reaktor.

Pevakuman tabung reaktor dilakukan dengan menggunakan pompa rotari hingga mencapai tekanan  $10^{-5}$  Torr untuk membersihkan gas-gas yang berada di dalam tabung reaktor serta untuk menyediakan lingkungan hampa bagi proses deposisi. Untuk mempercepat proses pevakuman, dapat dikopel dengan pompa difusi.

### 3. Pemanasan Substrat

Bersamaan dengan proses pevakuman, substrat dipanaskan hingga pada suhu yang dikehendaki. Tingkat pemanasan dapat diatur dengan "variac", sedangkan untuk mengetahui suhu substrat, digunakan termokopel yang dihubungkan ke *digital thermometer*.

### 4. Menghidupkan RF

Setelah tekanan mencapai  $10^{-3}$  Torr, sumber daya RF dihidupkan. Sumber RF ini berfungsi untuk memicu terjadinya proses ionisasi gas hidrokarbon, jika gas ini masuk ke dalam tabung reaktor.

## 5. Mengalirkan Gas

Gas hidrokarbon dialirkan perlahan-lahan ke dalam tabung reaktor hingga mencapai tekanan yang dikehendaki.

## 6. Proses ionisasi gas

Setelah gas hidrokarbon memasuki ruang plasma, gas mendapatkan energi dari proses penyerapan gelombang elektromagnetik RF maupun dari peristiwa tumbukkan antar-partikel. Apabila energi yang diterimanya melebihi energi ambang ionisasi hidrokarbon (9,24 eV), maka gas mengalami ionisasi.

## 7. Pembentukan Plasma

Selanjutnya gas-gas yang terionisasi membentuk plasma, apabila telah memenuhi persyaratan kerapatan  $10^{10}$  partikel/cm<sup>-3</sup>, energi ( $kT_e$ ) 1 eV dan panjang Debye ( $\lambda_D$ )  $10^{-3}$  m.

## 8. Pelapisan Plasma Pada Substrat

Akibat adanya beda potensial yang cukup besar antara elektroda, plasma yang terbentuk tertarik ke katoda. Di atas katoda telah diletakkan substrat, sehingga plasma ini dapat terdeposisi di atasnya untuk membentuk lapisan tipis.

## 8. Pengambilan Substrat

Setelah proses berlangsung 3 jam, maka aliran gas, sumber daya RF dan pemanas substrat dimatikan. Selanjutnya substrat diambil, untuk dikarakterisasi.

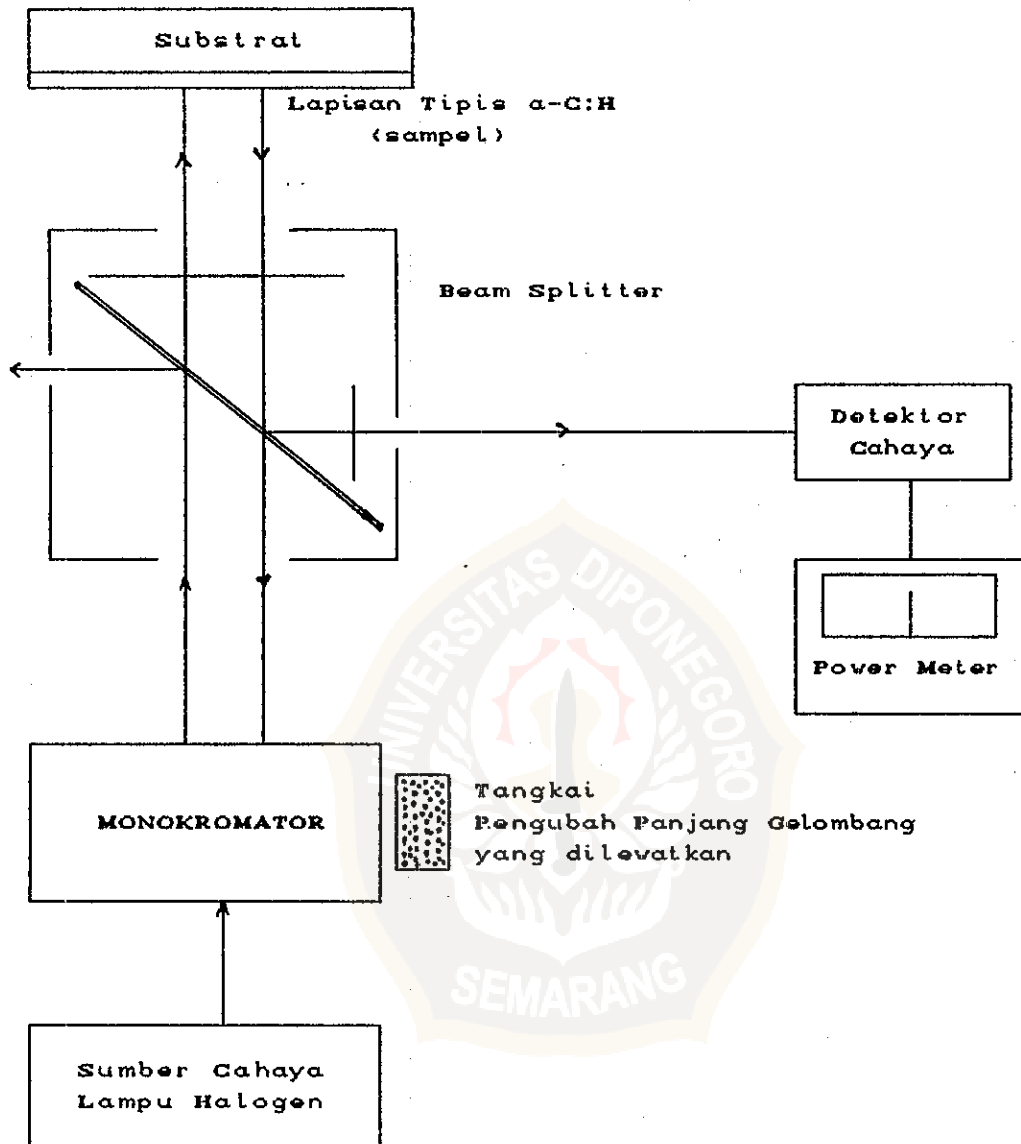
### 3.3. Karakterisasi

Karakterisasi terhadap lapisan tipis a-C:H yang dilakukan adalah karakterisasi optis yaitu pengujian indeks bias dan karakterisasi mekanis yaitu pengujian kekerasan mikro. Karakterisasi ini dilakukan berkaitan dengan pemanfaatannya sebagai lapisan pelindung (*coating*) untuk sel surya (*solar cell*).

#### 3.3.1. Karakterisasi Optis

##### 3.3.1.1. Peralatan

1. Lampu Halogen, berfungsi sebagai sumber cahaya. Dalam penelitian ini digunakan lampu halogen dengan daya 1000 watt.
2. Monokromator, berfungsi untuk memilah cahaya menurut panjang gelombangnya. Peralatan ini menggunakan Monokromator model H-25 buatan Yobin Y. Von division d'instrument S. A. Perancis.
3. Detektor Cahaya dan Power Meter, berfungsi untuk mengukur intensitas cahaya. Peralatan ini menggunakan Fotodiode dan Power Meter model 460-1A buatan EG & G Electro Optic USA.
4. Beam Splitter, berfungsi untuk memecah cahaya, sebagian dipantulkan dan sebagian diteruskan. Peralatan ini menggunakan cermin yang mempunyai reflektifitas 36,37% pada sudut  $45^\circ$ .
5. Lensa Cembung, berfungsi untuk memfokuskan cahaya.
6. Variac, berfungsi untuk memasok tegangan lampu.



Gambar 3.6. Skema peralatan uji indeks bias lapisan tipis a-C:H (PPNY-BATAN Yogyakarta)

### 3.3.1.2. Mekanisme Pengujian

Pengujian indeks bias lapisan tipis didasarkan pada Gambar 3.3. Cahaya dari lampu halogen dipilah-pilah panjang gelombangnya sesuai dengan yang dikehendaki melalui sebuah monokromator. Dari monokromator, cahaya diarahkan ke "beam splitter", sebagian cahaya dipantulkan dan sebagian lagi diteruskan menuju ke cuplikan melalui sebuah lensa cembung. Cahaya yang sampai ke cuplikan merupakan cahaya dengan intensitas  $I_o$ . Selanjutnya cahaya yang terpantul dari cuplikan memiliki intensitas  $I_{R1}$ . Cahaya ini masuk ke "beam splitter", sebagian cahaya ini dipantulkan menuju detektor. Cahaya yang masuk ke detektor mempunyai intensitas  $I_{R2}$ .

Pengukuran indeks bias dilakukan dengan pengambilan data langsung dari nilai  $I_o$  dan  $I_{R2}$ . Dari data tersebut diperoleh harga reflektansi total udara-lapisan-substrat ( $R_T$ ) menurut persamaan:

$$R_T = \left| \frac{I_{R2}}{I_o R_{45}} \right| \quad (3.1)$$

$R_{45}$  adalah reflektifitas "beam splitter" pada sudut  $45^\circ$ . Selanjutnya nilai indeks bias lapisan tipis a-C:H dihitung dengan persamaan (De Bell, 1940) :

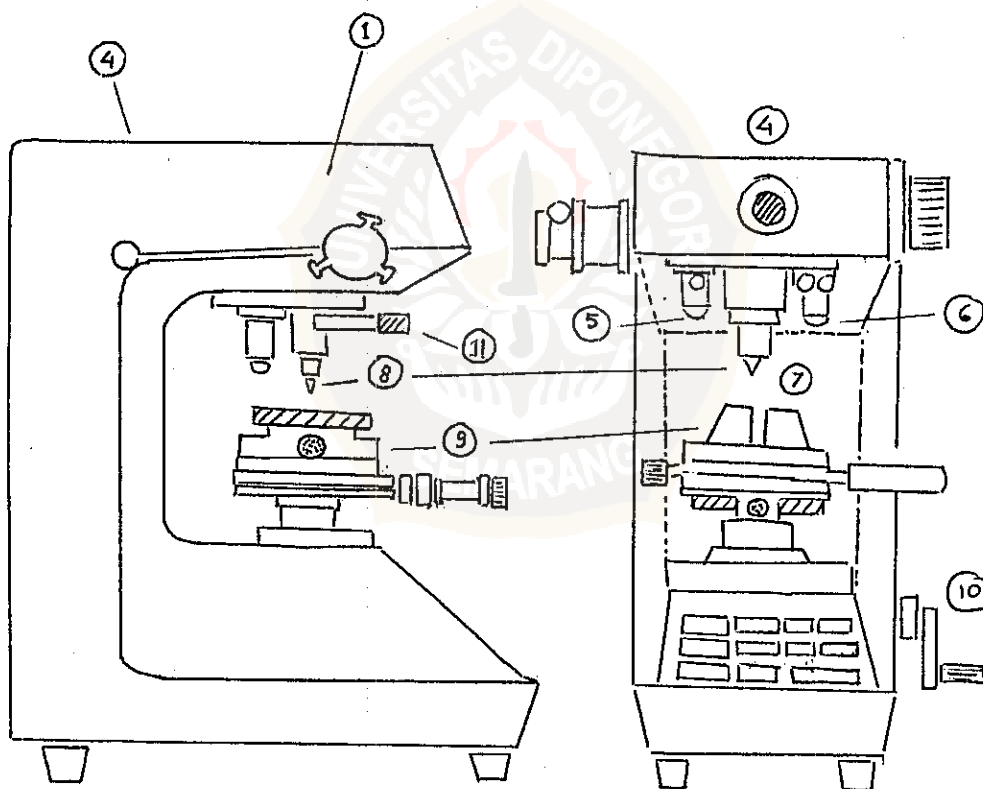
$$n_F = \frac{(1 + R_T) n_o n_s}{1 - R_T} \quad (3.2)$$

dimana  $n_F$  = Indeks bias lapisan tipis  
 $R_T$  = Reflektivitas total udara-lapisan-substrat  
 $n_o$  = Indeks bias udara  
 $n_s$  = Indeks bias substrat (gelas preparat)

### 3.2.2. Karakterisasi Mekanis

#### 3.2.2.1. Peralatan

Untuk menguji tingkat kekerasan mikro a-C:H dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji Mikrohardness digital model MXT 70 seperti terlihat pada gambar (3.7)



Gambar 3.7. Set-up peralatan uji kekerasan mikro

Keterangan :

- |                            |                        |
|----------------------------|------------------------|
| 1. Badan alat              | 7. Indentor            |
| 2. Kotak lampu             | 8. Tabung indentor     |
| 3. Sekerup pengatur cahaya | 9. Meja uji            |
| 4. Penutup atas            | 10. Tangkai pengangkat |
| 5. Lensa obyektif (40 X)   | 11. Tuas pengoperasi   |
| 6. Lensa obyektif (10 X)   |                        |

### 3.3.2.2. Mekanisme Pengujian

1. Memilih beban (*load*) sesuai dengan bahan yang akan diuji (pada pengujian ini digunakan beban 10 gf).
2. Meletakkan sampel yang akan diuji di bawah obyektif mikroskop untuk didapatkan titik uji yang paling baik.
3. Memutar indentor dan menekan tombolnya sedemikian hingga ujung intan menekan pada titik uji.
4. Setelah selesai penekanan, mikroskop kembali diletakkan di atas sampel untuk melihat jejak hasil penekanan.
5. Jejak penekanan diukur lebar diagonalnya dengan cara mengatur posisi garis pembatas kiri dan kanan, seperti terlihat pada Gambar 3.4.
6. Setelah garis pembatas tepat pada posisinya, maka lebar diagonal serta hasil tingkat kekerasan mikro, dapat dibaca langsung dari unit penampil digital.



Gambar 3.8. Contoh jejak penekanan