

BAB III

METODE PENELITIAN

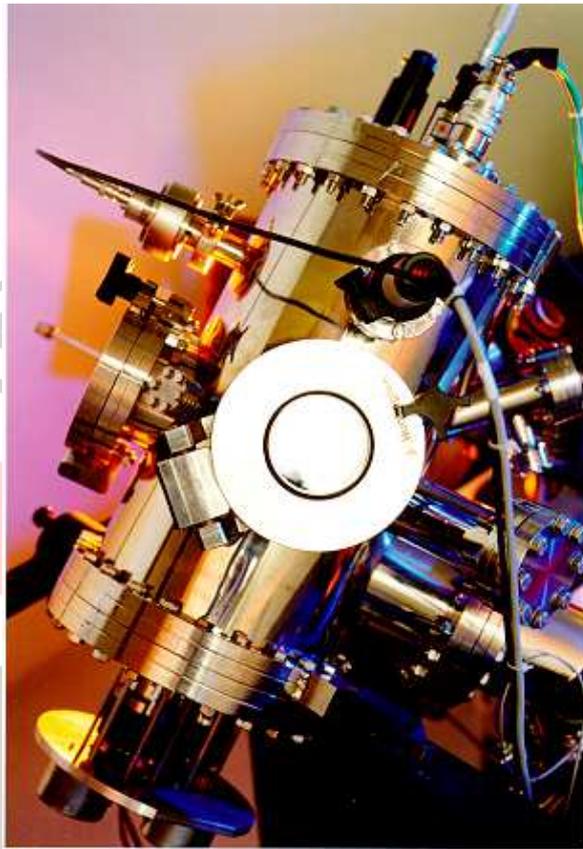
Pelaksanaan penelitian ini pada dasarnya meliputi tiga tahapan proses diawali dengan tahap persiapan, tahap penumbuhan, dan tahap karakterisasi. Pada bab ini dibahas tentang metode penelitian yang digunakan pada seluruh tahapan proses yang dilakukan, meliputi sistem reaktor *Pulsed Laser Deposition* (PLD), Pembuatan Target *GaN*, penumbuhan film tipis *GaN*, dan karakterisasi film tipis yang dihasilkan.

3.1 Sistem Reaktor *Pulsed Laser Deposition* (PLD)

Penumbuhan film tipis *GaN* ini menggunakan metode PLD (*pulsed laser deposition*). Proses penumbuhan film tipis *GaN* ini dilakukan di laboratorium fisika material elektronika (FISMATEL), Institut Teknologi Bandung.

Ada dua bagian utama dalam sistem reaktor PLD ini, yaitu sumber laser dan sistem deposisi. Sumber laser yang digunakan dalam penelitian ini adalah laser pulsa Nd: YAG dengan $\lambda = 355 \text{ nm}$, laju repetisi pulsa 10 pulsa/detik. Energi laser pulsa dapat diatur dengan menggunakan *flashlamp discharge voltage* dari 1,2 kV sampai dengan 1,52 kV dengan energi maksimal 225 mJ. Untuk memfokuskan dan mengarahkan laser pulsa digunakan perangkat optik yang ditempatkan antara sumber laser dengan bagian deposisi *chamber*. Perangkat optik ini terdiri dari lensa, cermin, *beam splitter*, serta *laser windows*.

Gambar dibawah ini merupakan foto konstruksi reaktor PLD bagian sistem deposisi yang direkonstruksi di laboratorium Fismatel ITB.



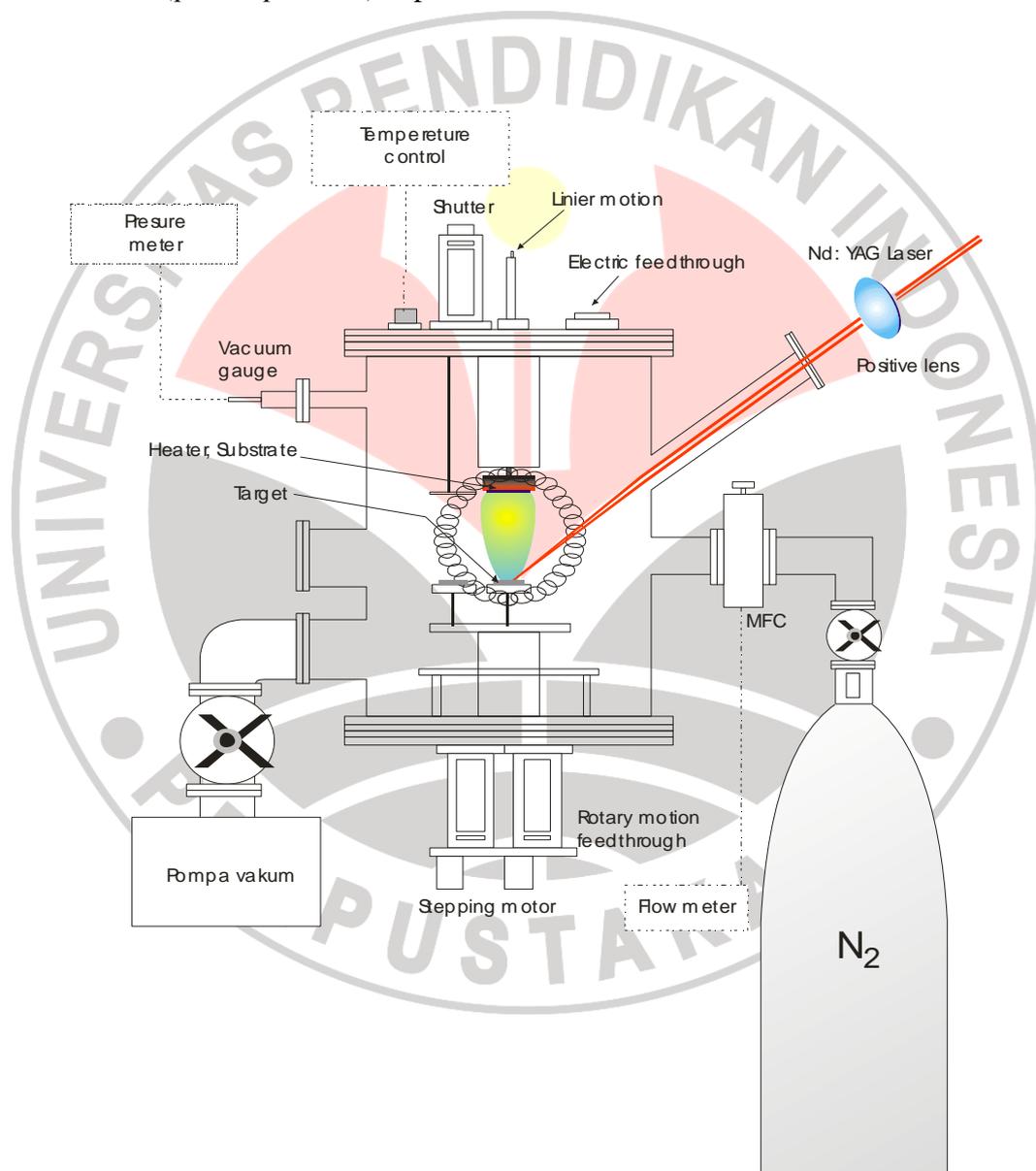
Gambar 3.1 Foto Reaktor PLD (Lab. Fismatel ITB)

Gambar diatas lebih menitikberatkan penggambaran pada bagian deposisi (*vaccum chamber*) dari sistem reaktor PLD seluruhnya. Skema bagian-bagian dari sistem reaktor PLD ini lebih jelasnya digambarkan pada gambar 3.2 dengan bagian-bagiannya sebagai berikut [13]:

1. *Vacuum Chamber*, merupakan tempat terjadinya proses deposisi film tipis. Ruang ini dibuat dari bahan *stainless steel* yang berbentuk silinder.

2. Didalam tabung ini terdapat *target table* sebagai tempat meletakkan target yang dapat di putar agar penyinaran laser merata keseluruhan permukaan target. Selain itu terdapat pemanas atau *heater* untuk substrat yang posisinya berhadapan dengan target.
3. *Laser*, berfungsi untuk menguapkan target, laju repetisi pulsa dari target ini dapat diatur untuk mengontrol laju deposisi dan menentukan ketebalan film tipis. Laser yang digunakan merupakan laser Nd:YAG, dengan panjang gelombang 355 nm dan energinya 250 mJ.
4. *Vacuum pump*, digunakan agar ruang deposisi hampa udara. Kemampuan pemakumannya hingga 10^{-5} mbar. Pompa ini merupakan pompa *rotary* yang dilengkapi dengan *power supply* TCP 380, dari Balzer-Pfeiffer tipe P.2751 402 05.
5. *Pressure meter*, digunakan untuk mengetahui tekanan total dari *chamber*. Pengukur tekanan yang digunakan bertipe TPG 300 dari Balzer yang dilengkapi dengan sensor untuk set poin pengubah fungsi tekanan.
6. *Temperature controller*, untuk mengatur temperatur *heater* selama proses deposisi. Alat yang digunakan ini buatan fuji electric tipe PXZ-9 yang dilengkapi dengan sesnsor termokopel tipe K.
7. *Mass flow control (MFC)*, untuk mengukur laju aliran gas N_2 yang dialirkan kedalam vacuum chamber. Laju aliran dalam satuan *standar centimeter cubic per minute*; 1 sccm = 1 mbar liter/s).

8. *Power supply*, untuk memanaskan substrat dengan menggunakan sumber tegangan AC yang dilengkapi dengan variabel tegangan dari 0 – 250 V dan variabel arus untuk mengontrol arus pada *heater*.
9. *Shutter*, untuk melindungi substrat pada saat pra deposisi atau saat (*post deposition*) deposisi telah selesai.



Gambar 3.2. Skema reaktor PLD

3.2 Proses Penumbuhan Film Tipis GaN

3.2.1 Pembuatan Target GaN

Proses pertama yang dilakukan dalam rangkaian proses penumbuhan film tipis adalah pembuatan target *GaN*. Target *GaN* dibuat dari serbuk *GaN* dengan kemurnian tinggi sekitar 99,99%. Proses pembentukan target ini dimulai dengan proses penggerusan, penimbangan, pengepresan, dan tahap pemanasan atau sintering. Untuk menghasilkan serbuk yang halus dan homogen maka dilakukan proses penggerusan terhadap serbuk *GaN* yang akan di buat target. Sebanyak 25 gram serbuk *GaN* yang telah digerus di press untuk dibuat dalam bentuk pelet menggunakan cetakan berbahan *stainless steel* dengan tekanan tinggi. Dari tahap ini dihasilkan *pelet* dengan diameter 1,6 cm dan tebal 0,5 cm. Pelet yang dihasilkan dipanaskan pada suhu sekitar 650°C selama 15 jam pada tungku pemanas sehingga dihasilkan *bulk GaN*. Proses sintering ini dilakukan agar partikel-partikel serbuk menyatu dan bersenyawa menghasilkan ikatan yang lebih kuat. Sehingga dari rangkaian tahap pembuatan target *GaN* ini dihasilkan *bulk GaN* yang kuat dan tidak mudah pecah atau rapuh. Selanjutnya *bulk GaN* ini dikarakterisasi menggunakan karakterisasi XRD untuk mengetahui orientasi kristal sebagai referensi untuk film tipis yang akan ditumbuhkan.

3.2.2 Pencucian substrat

Sebelum dilakukan proses penumbuhan film tipis *GaN* dengan PLD, untuk menghilangkan kotoran-kotoran dan juga lemak yang menempel pada substrat maka dilakukan proses pencucian substrat. Substrat yang akan digunakan adalah

substrat *saphire* (Al_2O_3). Mula-mula substrat direndam dengan *acetone* dan *methanol* dalam gelas kimia masing-masing selama 5 menit untuk menghilangkan debu dan lemak. Proses pencucian standar ini dikenal dengan istilah *etching* dengan menggunakan larutan etsa yaitu; $H_2SO_4 : H_3PO_4 : DI$ (*Deionized Water*). Larutan yang digunakan ini bergantung pada substrat yang digunakan dalam proses pencucian. Perbandingan larutan-larutan ini diberikan dengan perbandingan 3 : 1 : 1. Proses pencucian ini dilakukan dengan merendam substrat selama 5 menit dalam campuran larutan etsa sesuai standar yang telah ditentukan. Setelah itu substrat diangkat dan dibilas dengan larutan *DI* (*Deionized Water*) dan kemudian dikeringkan dengan menyemprotkan gas nitrogen (N_2). Untuk menghindari proses oksidasi maka substrat disimpan dalam desikator vakum, selain itu untuk meminimalkan proses oksidasi maka sebaiknya proses pencucian substrat dilakukan sebelum proses penumbuhan.

3.2.3 Proses penumbuhan film tipis *GaN* dengan PLD

Proses penumbuhan film tipis melalui tiga tahapan yaitu tahap pradeposisi, tahap deposisi, dan tahap pendinginan. *Tahap pertama* adalah melekatkan substrat pada target *holder* dengan pasta dan disimpan di atas *heater* dalam *chamber*. Kemudian dipanaskan $100^\circ C$ agar pasta mengering dan *chamber* divakumkan sampai tingkat pemakuman maksimal 10^5 mbar agar sisa gas benar-benar dalam keadaan bersih. Substrat dipanaskan sesuai parameter deposisi yang telah ditentukan dan bersamaan dengan itu gas N_2 mulai dialirkan dengan laju sesuai dengan parameter yang telah ditentukan pula. *Tahap kedua*, bersamaan dengan

tahap pertama tadi dilakukan pemanasan sumber laser selama 20 menit. Setelah pemanasan sumber laser cukup dan *shutter* yang menutupi substrat telah dibuka maka proses deposisi dapat dimulai. *Tahap ketiga*, proses pendinginan ini berlangsung sampai mencapai suhu kamar. Proses penurunan temperatur diatur dengan laju pendinginan 5 °C/menit. Proses ini diharapkan mampu menjaga film tipis dari kerusakan kristal akibat dari penurunan suhu yang terlalu ekstrim.

3.3 Karakterisasi film Tipis GaN

Tiga sampel film tipis *GaN* yang telah berhasil ditumbuhkan dengan metode PLD ini kemudian dilakukan karakterisasi untuk mengetahui sifat-sifat fisisnya. Karakterisasi yang dilakukan melalui tiga karakterisasi untuk masing-masing sampel. Untuk mempelajari struktur kristal dilakukan karakterisasi XRD (*X-Ray Diffractometer*), untuk menginvestigasi morfologi permukaan film tipis *GaN* dilakukan karakterisasi SEM (*Scanning Electron Microscopy*), dan karakterisasi sifat listrik dilakukan dengan metode Efek Hall. Dari hasil karakterisasi ini diharapkan mampu mengungkapkan sifat-sifat fisis yang dimiliki film tipis *GaN* yang telah berhasil ditumbuhkan.

3.3.1 Karakterisasi Struktur Kristal dengan XRD

XRD merupakan metode karakterisasi yang memanfaatkan teknik sinar-X untuk menginvestigasi struktur atau komposisi kristal. Metode XRD ini merupakan metode yang paling populer untuk mendapatkan informasi struktural dari kristal yang ditumbuhkan.

Ketiga sampel film tipis *GaN* dikarakterisasi dengan menembakkan sinar-X yang menggunakan radiasi $\text{Cu K}\alpha$ dengan panjang gelombang sekitar $1,5405 \text{ \AA}$. Dari karakterisasi XRD ini dihasilkan grafik yang sudah dikomputerisasi yaitu grafik yang menghubungkan antara intensitas relatif terhadap 2θ . Informasi yang didapatkan dari grafik ini didapat dengan melakukan pengolahan data kembali sehingga dapat diketahui parameter kisi kristal dan juga orientasi kristal film tipis *GaN* tersebut.

3.3.2 Karakterisasi Struktur Morfologi dengan SEM

Gambaran morfologi film tipis dapat diamati dengan melakukan pencitraan terhadap film tipis dengan metode SEM (*Scanning Electron Microscopy*). SEM ini dapat menghasilkan potret tentang bagaimana kondisi dari permukaan film tipis. Ketebalan film tipis ini juga dapat diketahui dengan karakterisasi ini. Ketebalan film tipis penting untuk mempelajari lagi bagaimana parameter penumbuhan ditetapkan, karena beberapa parameter sangat mempengaruhi ketebalan film tipis. Karakteristik permukaan yang dapat diamati dari hasil SEM ini meliputi, ukuran butir (*grain size*), homogenitas butiran, serta pola pertumbuhan kristal.

3.3.3 Karakterisasi Sifat Listrik dengan metode *Efek Hall*

Karakterisasi listrik dalam penelitian ini difokuskan pada sifat transport listrik bahan semikonduktor. Sifat transport listrik ini meliputi mobilitas dan resistivitas pembawa muatan serta konsentrasi pembawa muatan. Metode yang

digunakan untuk pengukuran sifat listrik ini menggunakan metode efek hall Van der Pauw. Dalam metode ini empat titik kontak untuk setiap sampel, dua kontak untuk pengukuran arus dan dua kontak lagi untuk pengukuran tegangan. Kontak arus dipermutasi untuk mengurangi efek dari bentuk sampel. Karakterisasi sifat listrik ini dilakukan di laboratorium Fismatel ITB.

Tahap pertama dalam karakterisasi sifat listrik ini adalah pemasangan kontak pada sampel. Pemasangan kontak ini di pasang pada setiap sudut sampel dengan menggunakan teknik evaporasi. Logam yang digunakan untuk kontak harus mempunyai sifat ohmik terhadap sampel semikonduktor yang di uji (Schroder, 1990). Pada tahap ini dilakukan pemasangan kontak metal pada film tipis GaN yang telah berhasil ditumbuhkan. Pertama-tama membentuk kontak kemudian sampel dimetalisasi dengan menggunakan teknik eveporasi. Proses pemasangan kontak seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.3. Pemasangan kontak metal pada film tipis GaN

Setelah proses pemasangan kontak dilakukan langkah selanjutnya yaitu pengukuran efek hall. Pertama-tama memasang sampel film tipis pada sampel holder dan kemudian meng-ON-kan semua Keithley dan PC kemudian memanggil software program pengukuran efek hall. Setelah semua kontak dipastikan dalam kondisi baik maka dapat dilakukan pengukuran resistivitas (ρ).

Setelah itu dilakukan pengukuran hambatan $R_{ac.bd}$ serta $R_{bd.ac}$. Dalam pengukuran hambatan ini, sampel film tipis dimasukkan kedalam medan magnet yang besarnya dapat divariasikan. Setelah pengukuran hambatan ini maka nilai mobilitas dan konsentrasi pembawa muatan dapat diketahui dengan pengolahan data lebih lanjut.

