

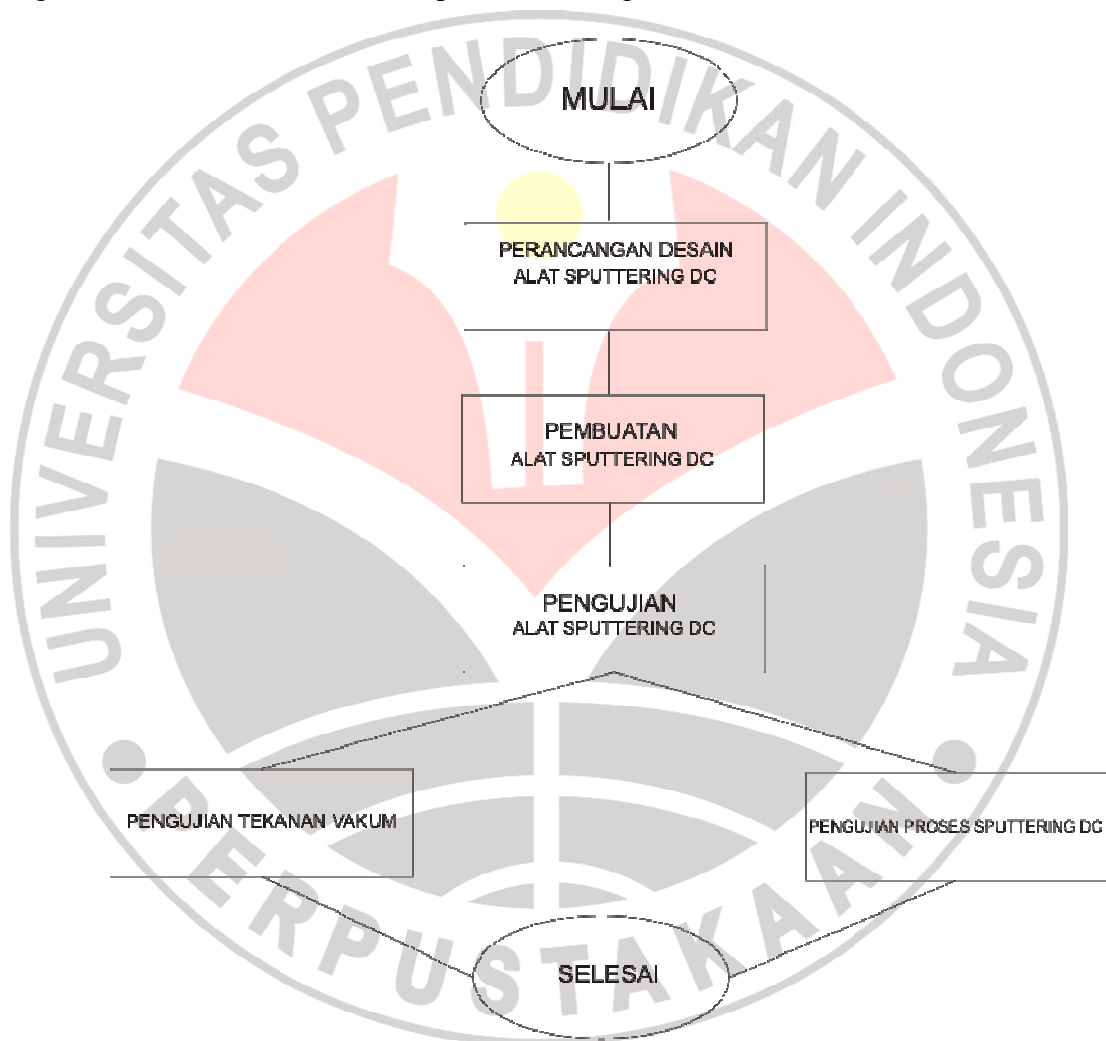
BAB III

METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah rancang bangun alat. Penelitian hampir seluruhnya dilakukan di laboratorium Gedung Fisika Material Pusat Teknologi Nuklir Bahan dan Radiometri Badan Tenaga Nuklir Nasional (PTNBR-BATAN) Bandung jalan Tamansari No. 71 Bandung, hanya pekerjaan yang bersifat teknik yang dilakukan di luar BATAN.

Penelitian ini diawali dengan pembuatan desain alat *sputtering* DC. Pada tahap awal ini dilakukan pembuatan desain meja tempat alat *sputtering* nanti akan ditempatkan dan membuat desain tabung vakum *sputtering* DC tempat proses *sputtering* material berlangsung. Pembuatan desain alat *sputtering* DC ini tidak dilakukan secara sembarangan, selain merujuk pada data alat *sputtering* DC yang telah dibuat juga memperhitungkan masalah dimensi, kekuatan, fungsi, keunggulan dan biaya produksi yang akan dibutuhkan. Dengan membuat desain alat *sputtering* DC yang baik, akan mempermudah proses pembuatan alat *sputtering* DC sesuai dengan tujuan yang akan dicapai dan meminimalisir kemungkinan-kemungkinan kesalahan yang terjadi pada proses pembuatan alat *sputtering* DC. Setelah pembuatan desain, penelitian dilanjutkan dengan proses pembuatan alat. Proses pembuatan alat *sputtering* DC ini dimulai dari pengumpulan bahan, hingga pengerjaan. Proses pengerjaan dimulai dengan membuat meja hingga ke tahap yang paling sulit yaitu pembuatan tabung vakum alat *sputtering* DC. Setelah proses pembuatan alat *sputtering* DC selesai, alat

sputtering DC tersebut selanjutnya diuji coba untuk mendapatkan data spesifikasi alat *sputtering* DC yang telah dibuat. Pengujian dilakukan untuk mengetahui tekanan udara minimum atau tekanan vakum maksimum yang dapat dicapai dan tegangan listrik yang dibutuhkan untuk membangkitkan plasma argon yang digunakan untuk membombardir permukaan target.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.

Penelitian ini mengkaji mengenai bagaimana membuat alat *sputtering* DC yang sederhana dengan beberapa keunggulan diantaranya dimensi alat yang lebih

kecil dibandingkan dengan alat yang sudah ada, tekanan udara vakum yang lebih baik ataupun minimal sama dengan alat yang sudah ada, dan menggunakan energi yang lebih rendah. Berikut ini adalah alur penelitian pembuatan alat *sputtering* DC yang dilakukan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1.

A. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian rancang bangun alat *sputtering* DC ini dibagi menjadi dua yaitu pembuatan desain alat *sputtering* DC dan pembuatan alat *sputtering* DC.

1. Pembuatan Desain Alat *sputtering* DC

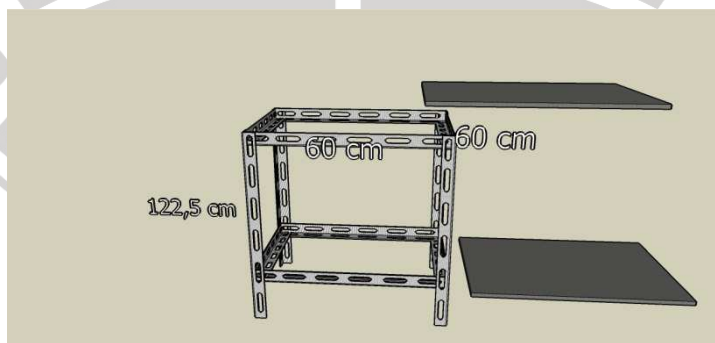
Pembuatan desain alat *sputtering* DC dibagi menjadi dua yaitu, pembuatan desain meja alat *sputtering* DC dan pembuatan desain tabung vakum alat *sputtering* DC.

a. Pembuatan Desain Meja Alat *Sputtering* DC

Pembuatan desain meja untuk alat *sputtering* DC meskipun terlihat tidak penting namun pada saat membuat desain meja, harus memperhitungkan mengenai dimensi meja, ketinggian meja dan kekuatan meja. Karena dimensi meja akan berpengaruh pada kepraktisan alat *sputtering* DC yang dibuat. Semakin kecil alat *sputtering* DC yang dibuat maka akan semakin praktis, mudah untuk digunakan dan mudah untuk dipindahkan. Ketinggian meja berpengaruh pada kenyamanan pengguna pada saat melakukan proses *sputtering*, dan yang terakhir kekuatan karena meja yang dibuat harus mampu menahan beban tabung vakum dan juga pompa vakum yang berat.

Meja yang akan dibuat menggunakan bahan rangka besi dan pelat *stainless steel* dengan ketebalan 1 mm. Hal ini diperlukan karena nantinya pada meja ini akan ditempatkan tabung vakum yang terbuat dari *stainless steel* dan kaca yang cukup berat dibagian atas dan bagian bawahnya akan digunakan untuk menyimpan pompa vakum yang sangat berat. Dengan menggunakan bahan besi dan pelat *stainless steel* maka meja akan mampu menahan semua beban tersebut dan mampu bertahan lebih lama dibandingkan jika dibuat dari kayu atau material lainnya.

Meja untuk alat *sputtering* DC akan dibuat dengan ukuran panjang 60 cm, lebar 60 cm, dan tinggi 122,5 cm. Pada bagian atas dan bawah meja, dipasang pelat *stainless steel* dengan ketebalan 1 mm dengan ukuran 60 x 60 cm. Pelat *stainless steel* atas digunakan sebagai tempat tabung vakum *sputtering* DC, sedangkan pelat bagian bawah digunakan untuk menyimpan pompa vakum (Gambar 3.2).

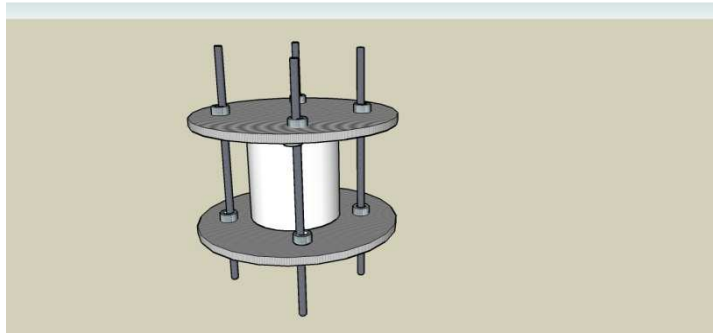


Gambar 3.2 Desain meja alat *sputtering* DC.

Ketinggian meja didesain setinggi 122,5 cm, jika dibandingkan dengan meja lain desain meja yang dibuat cukup tinggi. Hal ini dilakukan setelah memperhitungkan kenyamanan pengguna pada saat melakukan proses *sputtering* dengan alat ini. Dengan ketinggian ini pengguna tidak harus menunduk saat memperhatikan proses *sputtering* terjadi karena meja tidak terlalu rendah juga tidak mengalami kesulitan saat harus membuka tutup tabung vakum saat akan memasukkan sampel karena meja juga tidak terlalu tinggi sehingga lebih nyaman dan aman digunakan.

b. Pembuatan Desain Tabung Vakum Alat *Sputtering* DC

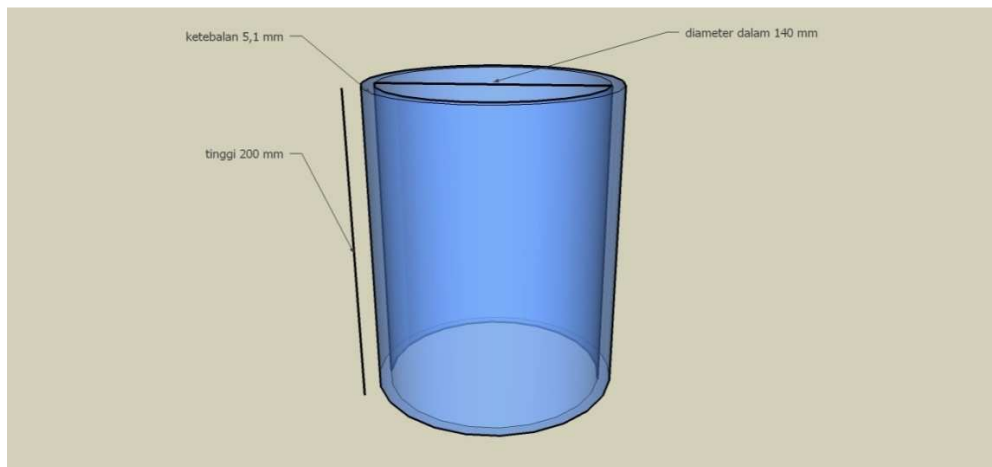
Proses perancangan desain alat *sputtering* DC dilanjutkan dengan merancang bagian terpenting yaitu tabung vakum tempat nantinya proses *sputtering* terjadi. Proses *sputtering* merupakan proses vakum dengan tekanan udara yang sangat rendah. Oleh karena itu pada proses perancangan tabung vakum ini sangat memperhatikan bagaimana membuat tabung vakum dengan sedikit lubang untuk memperkecil kemungkinan kebocoran yang terjadi agar menghasilkan tabung vakum dengan tekanan udara yang rendah. Dengan berbekal hal ini dirancanglah desain tabung vakum dengan bahan silinder kaca silikat yang ditutup oleh dua buah pelat *stainless steel* sebagai alas dan tutup tabung vakum seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Desain tabung vakum alat *sputtering* DC.

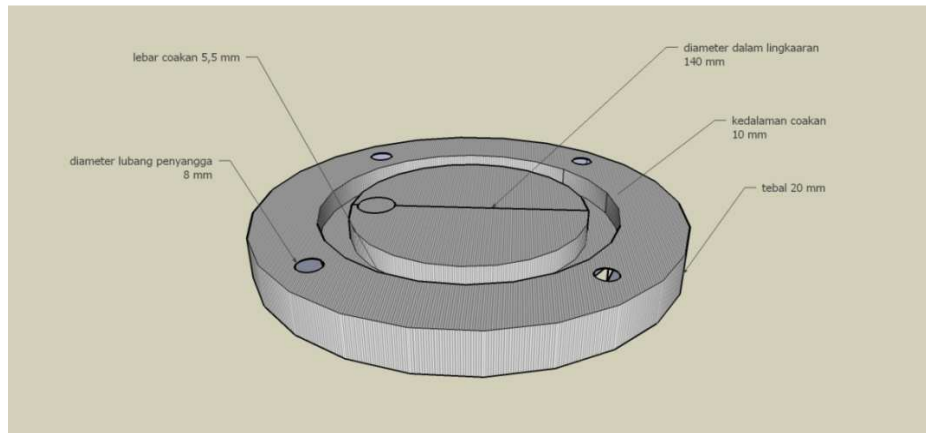
Penggunaan material kaca sebagai tabung vakum memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan menggunakan silinder *stainless steel* yaitu karena kaca bersifat transparan maka pengguna dapat melihat proses *sputtering* yang terjadi di dalam tabung vakum saat digunakan. Pada umumnya kaca lebih mudah pecah jika dibandingkan dengan *stainless steel*, namun karena kaca yang digunakan memiliki ketebalan 5 mm, tinggi 200 mm, dan diameter 140 mm (Gambar 3.4) maka diharapkan kaca yang digunakan mampu menahan tekanan yang terjadi saat proses pemvakuman.

Bagian penutup dan alas tabung vakum dibuat dari bahan *stainless steel* dengan ketebalan mencapai 20 mm. *Stainless steel* penutup dan alas ini kemudian dibentuk sedemikian rupa dengan pembubutan untuk menyesuaikan dengan bentuk kaca dan juga untuk meminimalisir kebocoran yang terjadi.



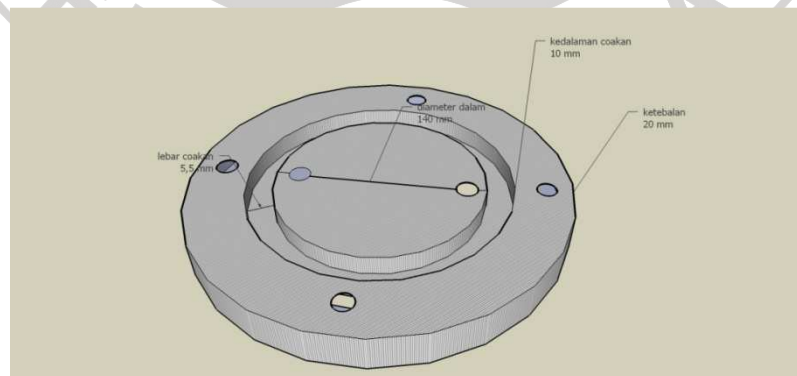
Gambar 3.4 Desain silinder kaca untuk tabung vakum.

Stainless steel penutup tabung vakum dibubut untuk membuat coakan dengan diameter dalam 140 mm, lebar coakan 5,5 mm dan kedalaman coakan 10 mm. Tujuan pembuatan coakan ini adalah sebagaiudukan tempat silinder kaca nanti ditempatkan. Pada coakan ini nantinya akan dipasang karet *seal*, kemudian kaca dipasang sehingga kaca tidak akan bergeser dan tabung menjadi vakum dengan baik. Pada proses sputtering, setelah tabung divakumkan kemudian dialirkan gas ke dalam tabung sebagai pembentuk plasma. Maka pada bagian diameter dalam penutup tabung vakum perlu dibuat 1 buah lubang sebagai lubang tempat masuknya gas. Gas itu sendiri pada umumnya adalah argon atau bisa juga diganti dengan gas inert lainnya. Kemudian pada bagian tepi luar dibuat empat buah lubang yang fungsinya sebagai tempat besi ulir pengunci dimasukkan untuk menjaga agar tutup dan alas tabung tidak terjatuh (Gambar 3.5).



Gambar 3.5 Desain penutup tabung vakum.

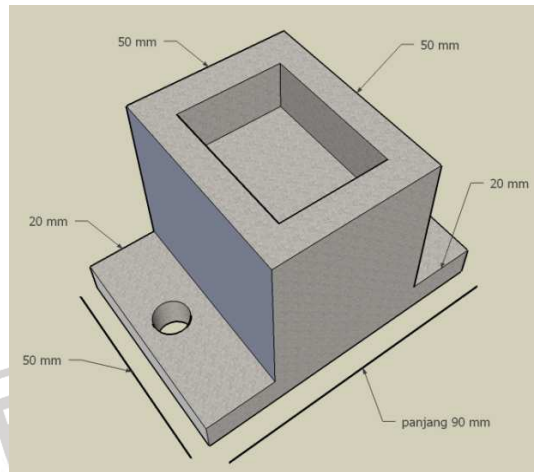
Alas tabung vakum dibubut dengan ketebalan, diameter dalam, lebar coakan, dan kedalaman coakan yang sama dengan penutup tabung vakum. Yang membedakan adalah jika pada penutup tabung vakum bagian diameter dalam hanya terdapat satu buah lubang, pada bagian alas tabung vakum ini bagian diameter dalamnya dibuat dua buah lubang. Lubang yang pertama berfungsi sebagai tempat selang dari pompa vakum dipasang dan yang lainnya sebagai tempat masuknya kabel-kabel untuk elektroda dan *heater* (Gambar 3.6).



Gambar 3.6 Desain alas tabung vakum.

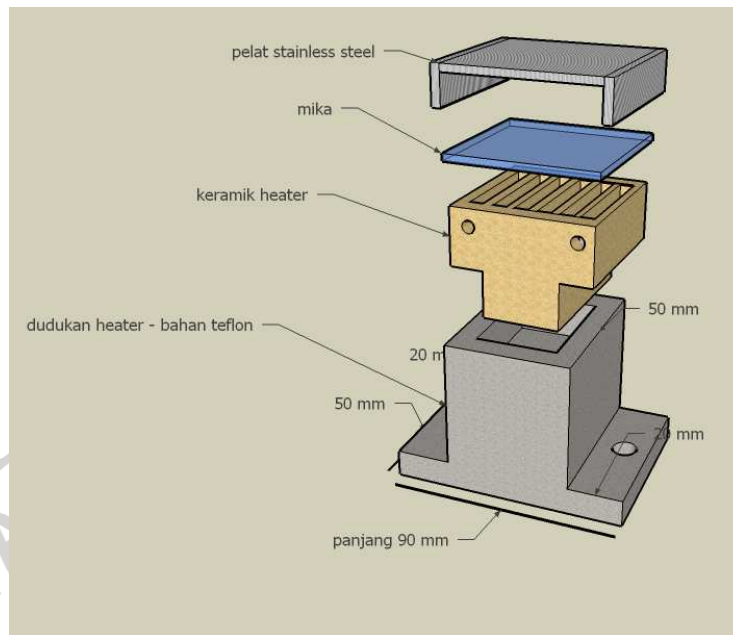
Alat *sputtering* DC yang akan dibuat adalah desain paling sederhana yang menggunakan dua buah elektroda yang saling berhadapan. Oleh karena itu, proses yang dilakukan selanjutnya adalah merancang desain dua buah elektroda yang saling berhadapan tersebut. Karena target akan dipasang di atas dan substrat di bawah maka elektroda di atas merupakan katoda (bermuatan negatif) sedangkan yang dibawah anoda (bermuatan positif). Kedua elektroda tersebut tidak langsung dipasang pada alas dan penutup tabung vakum karena akan membuat adanya aliran arus listrik pada tabung vakum yang dapat membahayakan pengguna saat alat *sputtering* DC ini digunakan. Untuk mengatasi permasalahan ini diperlukan suatu dudukan untuk tempat elektroda sebelum dipasang pada penutup dan alas tabung vakum. Selain itu dudukan untuk kedua elektroda harus terbuat dari bahan yang bersifat isolator agar tidak terjadi aliran arus listrik pada penutup dan alas tabung vakum. Dudukan katoda dan anoda dibuat menggunakan bahan *teflon* tahan panas.

Dudukan *teflon* untuk anoda dibuat dengan panjang 90 mm, lebar 50 mm, dan tinggi 60 mm. Pada bagian atas dudukan anoda, dibuat coakan dengan ukuran 30 x 30 mm sedalam 10 mm yang berfungsi sebagai tempat untuk menempatkan pemanas atau *heater* (Gambar 3.7).



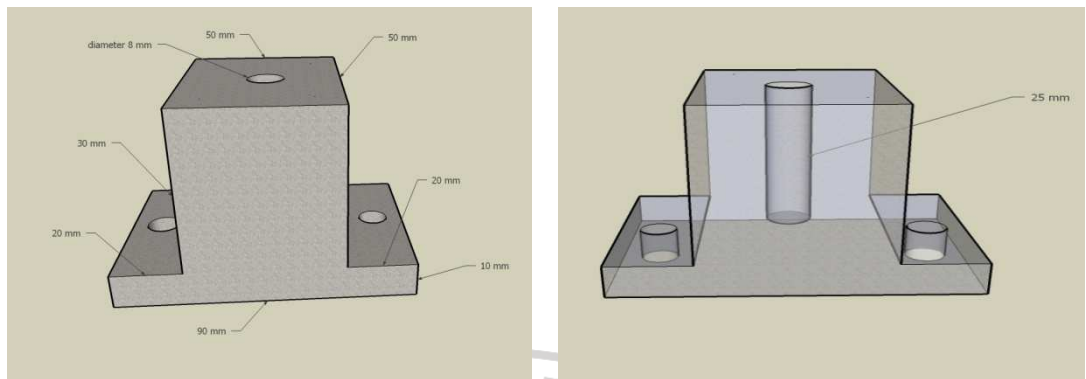
Gambar 3.7 Desainudukan anoda alat sputtering DC.

Heater yang digunakan dibuat dari kawat nikelin yang dipasang pada keramik *insulating brick* yang bagian bawahnya dibentuk sesuai dengan coakan padaudukan *teflon* sehingga *heater* dapat dimasukkan dengan baik. *Heater* yang akan dibuat diharapkan mampu mencapai suhu hingga 600°C , suhu ini diperlukan untuk memanaskan substrat sehingga atom-atom target hasil *sputtering* dapat menempel dengan baik. Selanjutnya *heater* ditutup dengan mika tahan panas agar tidak terjadi panas berlebihan pada anoda dan aliran arus listrik AC pada heater tidak mengalir ke anoda yang ditempatkan di atasnya (Gambar 3.8).



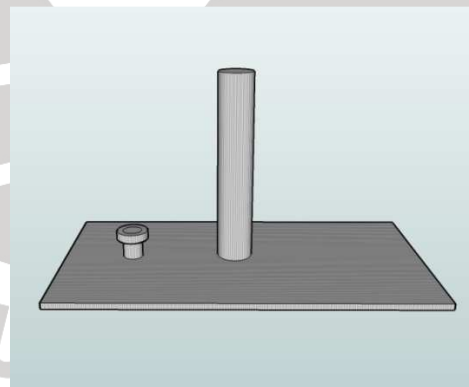
Gambar 3.8 Desain sistem anoda alat *sputtering* DC.

Dudukan *teflon* yang dibuat untuk katoda berukuran panjang 90 mm, lebar 50 mm dan tinggi 40 mm. Bentuk dari dudukan katoda ini kurang lebih sama dengan dudukan untuk anoda, yang membedakan adalah tidak adanya coakan pada bagian atas dudukan melainkan diganti dengan sebuah lubang berulir sedalam 25 mm yang nantinya digunakan sebagai tempat katoda dimasukkan (Gambar 3.9).



Gambar 3.9 Desainudukan *teflon* katoda alat *sputtering* DC.

Katoda dibuat dari bahan pelat *stainless steel* yang dilas pada besi ulir (Gambar 3.10). Besi ulir tersebut nantinya dimasukkan pada lubang berulir dudukan *teflon* katoda sehingga katoda dapat bergerak naik turun dan jarak antar anoda dengan katoda dapat divariasikan.



Gambar 3.10 Desain katoda alat *sputtering* DC.

2. Pembuatan Alat *Sputtering* DC

Pembuatan alat *sputtering* DC dibagi menjadi pembuatan meja alat *sputtering* DC dan pembuatan tabung vakum alat *sputtering* DC.

a. Pembuatan Meja Alat *Sputtering* DC

Proses pembuatan meja untuk alat *sputtering* DC dimulai dengan pemotongan rangka besi ukuran 122,5 cm sebanyak 4 buah dan ukuran 60 cm sebanyak 8 buah (Gambar 3.11).



Gambar 3.11 Rangka besi untuk meja alat *sputtering* DC.

Proses pembuatan meja alat *sputtering* DC dilanjutkan dengan memotong pelat *stainless steel* ukuran 60 x 60 cm sebanyak 1 buah dan ukuran 60 x 20 cm sebanyak 2 buah. Rangka besi yang telah dipotong kemudian dirangkai dengan menggunakan baut dan mur sehingga menjadi rangka meja. Pelat *stainless steel* ukuran 60 x 60 cm dipasang pada bagian bawah dan ukuran 60 x 20 cm dipasang pada bagian atas (Gambar 3.12).



Gambar 3.12 Meja alat *sputtering* DC.

Pada bagian atas meja tidak tertutup pelat sepenuhnya, hal ini dimaksudkan sebagai tempat dimana tabung vakum ditempatkan. Selain itu karena pada alas tabung vakum terdapat dua buah lubang untuk pompa vakum dan kabel, maka meja bagian atas dibuat seperti pada gambar 3.12 sehingga pemasangan selang dari pompa vakum dan kabel menjadi lebih mudah.

b. Pembuatan Tabung Vakum Alat *Sputtering* DC

Tahap selanjutnya dalam pembuatan alat *sputtering* DC adalah membuat tabung vakum untuk alat *sputtering* DC. Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam membuat tabung vakum ini adalah sebagai berikut :

1) Mempersiapkan gelas kaca silinder

Gelas kaca silinder yang digunakan dalam pembuatan tabung vakum ini dipesan dari pembuat alat-alat laboratorium. Gelas kaca yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter dalam 140 mm, ketebalan kaca 5,15 mm, dan tingginya 200 mm (Gambar 3.13). Dengan ketebalan kaca yang

mencapai 5,15 mm, kaca ini dapat menahan tekanan penutup dan alas *stainless steel* saat tabung vakum diturunkan tekanannya.



Gambar 3.13 Gelas kaca silinder untuk tabung vakum.

2) Membuat penutup dan alas tabung vakum

Stainless steel yang digunakan untuk penutup dan alas tabung vakum adalah *stainless steel plate* (piringan bulat). *Stainless steel* yang diperlukan sebanyak 2 buah untuk alas dan penutup tabung vakum. *Stainless steel* yang digunakan memiliki diameter masing-masing ± 200 mm dan tebal 20 mm. Pengerjaan pembubutan *stainless steel* dilakukan di Balai Pengembangan Teknologi Pendidikan (BPTP) Bandung.

Untuk *stainless steel* yang akan digunakan sebagai penutup tabung vakum, mula-mula *stainless steel* dirapihkan permukaannya. Setelah dirapihkan *stainless steel* mengalami pengurangan dimensi, diameternya berkurang menjadi 180 mm dan tebalnya berkurang menjadi 15 mm.

Kemudian *stainless steel* dicoak atau dilubangi melingkar dengan lebar coakan sebesar 5,5 mm dan kedalamannya 10 mm. Coakan ini merupakan tempat dipasangnya gelas kaca silinder agar penutup tabung vakum menjadi kokoh dan kaca tidak dapat bergeser dari tempatnya saat digunakan. Lebar coakan dibuat lebih besar daripada tebal gelas kaca untuk menghindari kesalahan pemasangan karena gelas kaca tidak bulat sempurna. Selain itu lebar coakan dibuat lebih besar dari tebal gelas kaca dimaksudkan untuk menghindari pemuaian dari gelas kaca karena didalam tabung akan dibuat *heater* yang suhunya dapat mencapai $\pm 600^{\circ}\text{C}$. Kedalaman coakan dibuat sebesar 10 mm dikarenakan selain akan ditempati gelas kaca, pada coakan tersebut juga akan ditempati oleh karet *seal* yang membuat tabung dapat vakum dengan baik. Setelah penutup tabung vakum *stainless steel* dicoak, penutup tabung vakum dibor untuk membuat lubang gas argon dan tiang penyangga. Pada pembuatan lubang gas argon, *stainless steel* di bor dengan diameter 12 mm dengan menggunakan bor duduk dengan mata bor ukuran 12 mm. Lubang untuk gas argon ini terletak disebelah kiri lingkaran dalam *stainless steel*. Lubang gas argon ini diulir agar dapat dipasang sambungan untuk selang (*nepel*). *Stainless steel* penutup tabung vakum ini juga dibor dibagian tepi luarnya dengan diameter 8 mm sebanyak 4 buah sebagai tempat memasukan tiang besi penyangga (Gambar 3.14 dan 3.15).



Gambar 3.14 Penutup tabung vakum (bagian bawah).



Gambar 3.15 Penutup tabung vakum (bagian atas).

Proses pembuatan alas tabung vakum hampir sama dengan penutup tabung vakum, yang membedakan adalah jika pada penutup tabung vakum terdapat 1 buah lubang pada bagian diameter dalam, pada alas tabung vakum dibuat 2 buah lubang dengan diameter 12 mm pada bagian diameter dalamnya (Gambar 3.16 dan 3.17). Lubang yang pertama digunakan untuk selang dari pompa vakum. Sedangkan lubang yang kedua digunakan untuk tempat masuk kabel elektroda dan kabel heater. Kedua lubang tersebut memiliki ukuran

diameter yang sama 12 mm. Pada lubang untuk selang dari pompa vakum, lubang tersebut diulir agar dapat dipasang *nepel*.



Gambar 3.16 Alas tabung vakum (bagian atas).



Gambar 3.17 Alas tabung vakum (bagian bawah).

3) Membuat tiang penyangga besi

Tiang penyangga tabung vakum dibuat dari bahan besi silinder berulir dengan diameter 8 mm dengan panjang 1000 mm. Langkah pengerjaannya 2 buah besi ulir dengan diameter 8 mm panjang 1000 mm dipotong dengan ukuran panjang 300 mm sebanyak 4 buah (Gambar 3.18). Karena tabung vakum akan dipasang pada meja, panjang besi penyangga ini sengaja dibuat

melebihi tinggi tabung karena harus memperhitungkan ketebalan pelat meja dan ukuran baut yang digunakan untuk mengencangkan tabung vakum.



Gambar 3.18 Besi ulir untuk tabung vakum.

4) Membuat dudukan elektroda

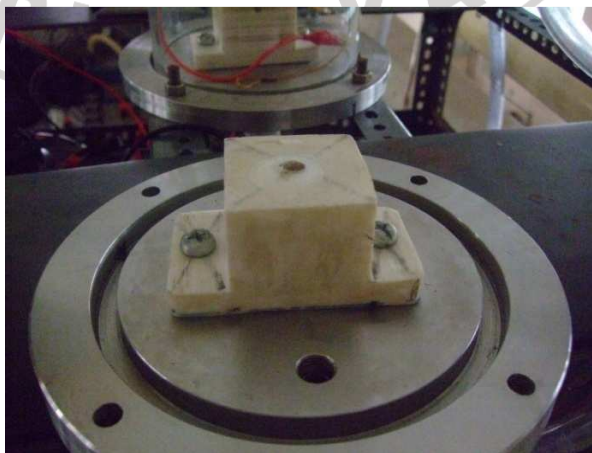
Proses pembuatan alat *sputtering* DC selanjutnya adalah membuat dudukan elektroda. Baik dudukan anoda maupun katoda keduanya dibuat dari bahan *teflon*. Pemilihan *teflon* sebagai bahan untuk dudukan elektroda karena *teflon* merupakan isolator listrik sehingga aliran listrik dari elektroda tidak akan mengalir pada alas dan penutup tabung vakum. Selain itu juga *teflon* tahan panas hingga suhu lebih dari 300°C . *Teflon* yang digunakan untuk dudukan elektroda merupakan *teflon* tahan panas berbentuk silinder. Kemudian *teflon* dibagi dua untuk dudukan elektroda atas dan bawah. Kedua *teflon* tersebut dirapihkan permukaan atas dan bawahnya dengan menggunakan mesin bubut. Setelah dirapihkan kemudian *teflon* dibentuk menjadi balok dengan ukuran $90 \times 50 \times 60$ mm dengan menggunakan gergaji.

Untuk dudukan anoda (elektroda positif) setelah *teflon* dibentuk menjadi balok dengan ukuran 90 x 50 x 60 mm, bagian atas dudukan anoda tersebut dicoak dengan menggunakan mesin bubut dengan ukuran 30 x 30 mm sedalam 10 mm untuk dudukan *heater* (Gambar 3.19).



Gambar 3.19 Dudukan *teflon* untuk anoda.

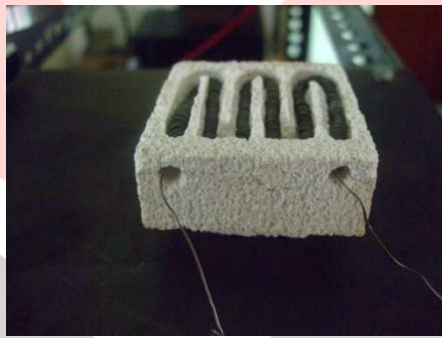
Sedangkan untuk dudukan katoda (elektroda negatif), balok teflon berukuran 90 x 50 x 60 mm tingginya dikurangi menjadi 40 mm. Bagian atas dudukan katoda ini dilubangi dengan bor dengan diameter 8 mm sedalam 25 mm, kemudian dibuat ulir dengan *taph* ukuran 8 mm (Gambar 3.20).



Gambar 3.20 Dudukan *teflon* untuk katoda.

5) Membuat *heater*

Heater yang dibuat menggunakan kawat nikelin sepanjang 3 m dan diameter 0,5 mm yang dililit. Kawat nikelin tersebut kemudian ditempatkan pada keramik *insulating brick* yang dibentuk persegi dengan bagian atas berukuran 50 x 50 mm dan bagian bawah berukuran 30 x 30 mm (Gambar 3.21).



Gambar 3.21 *Heater* untuk alat *sputtering* DC.

6) Membuat elektroda untuk alat *sputtering* DC

Proses pembuatan alat *sputtering* DC selanjutnya adalah membuat 2 buah elektroda yaitu anoda dan katoda. Kedua elektroda tersebut dibuat dari bahan *stainless steel*. Anoda dibuat dari pelat *stainless steel*. Pada awalnya pelat *stainless steel* yang digunakan memiliki ketebalan 1 mm namun karena terlalu tipis sehingga sulit untuk membuat sambungan untuk kabel maka anoda dibuat menggunakan pelat *stainless steel* silinder dengan diameter 90 mm dan

tebal 10 mm. Bagian bawah pelat tersebut dibubut untuk membuat dudukan untuk *heater* dan juga sambungan kabel (Gambar 3.22).



Gambar 3.22 Anoda alat *sputtering* DC.

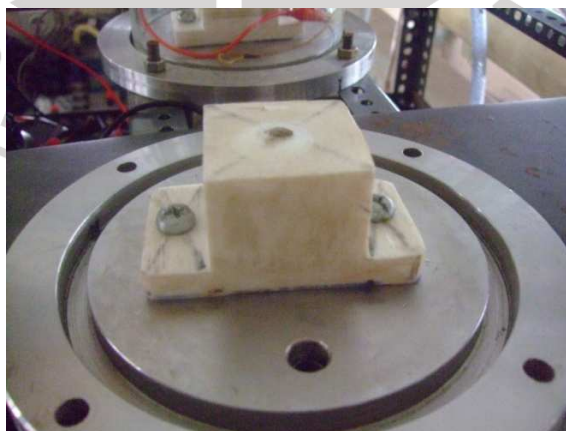
Katoda juga dibuat dari pelat silinder *stainless steel*. Katoda yang dibuat sebanyak 3 buah. Katoda yang pertama berukuran diameter 40 mm dan tebal 20 mm. Katoda yang kedua berukuran diameter 60 mm dan tebal 15 mm. Katoda yang ketiga berukuran diameter 90 mm dan tebalnya 15mm (Gambar 3.23). Bagian tengah ketiga katoda tersebut di bor sedalam 15 mm kemudian di-*taph* untuk membuat ulir dengan diameter 8 mm untuk tempat besi ulir. Besi ulir yang digunakan memiliki diameter 8 mm sepanjang 45 mm, besi ulir itu dimasukkan pada katoda dan dudukan katoda.



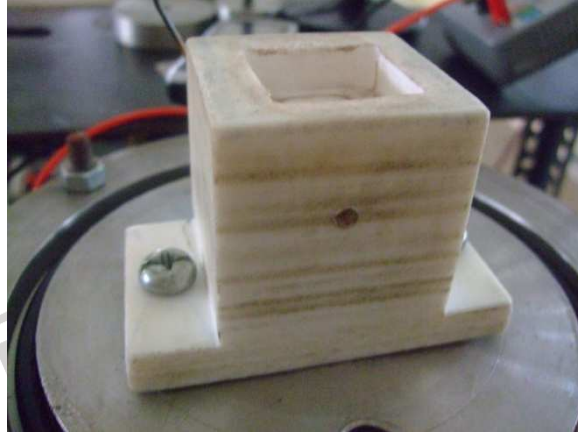
Gambar 3.23 Katoda untuk alat *sputtering* DC.

7) Merangkai komponen-komponen alat *sputtering* DC

Setelah proses pembuatan seluruh komponen yang digunakan pada alat *sputtering* DC selesai, selanjutnya seluruh komponen tersebut dirangkai menjadi satu. Komponen pertama yang dirangkai adalah dudukan anoda dan katoda pada penutup dan alas tabung vakum *stainless steel* (Gambar 3.24 dan 3.25). Pemasangan dudukan katoda dan anoda pada penutup dan alas tabung vakum *stainless steel* ini menggunakan baut untuk mengencangkannya.

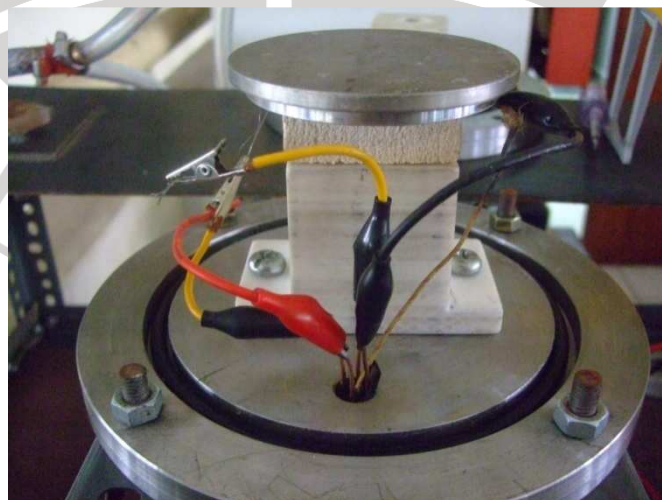


Gambar 3.24 Pemasangan dudukan katoda.



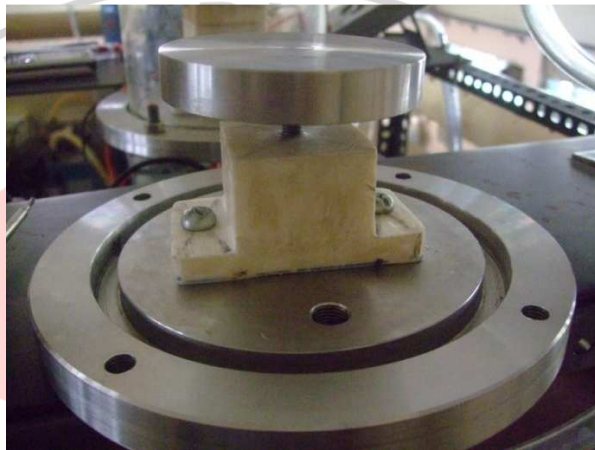
Gambar 3.25 Pemasangan dudukan anoda.

Untuk elektroda bawah, setelah dudukan anoda menempel pada alas tabung vakum *stainless steel*, kemudian *heater* dipasang pada coakan dudukan anoda, bagian atas *heater* ditutup dengan mika tahan panas dan dipasang pelat anoda pada bagian atasnya (Gambar 3.26).



Gambar 3.26 Sistem anoda alat *sputtering* DC.

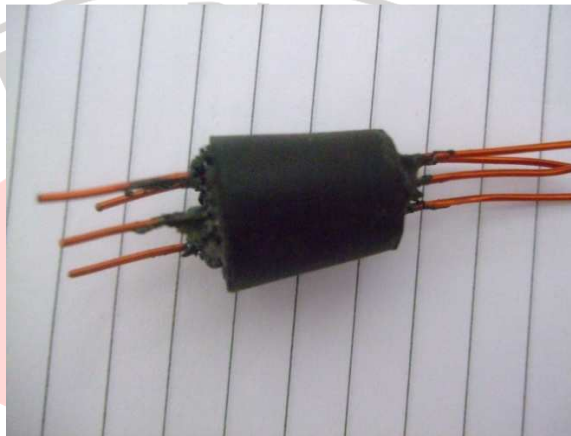
Untuk elektroda atas, setelah dudukan katoda terpasang kemudian dipasang pelat katoda dengan cara memasukkan besi ulir pelat katoda ke dalam lubang yang telah dibuat dengan cara diputar sekaligus mengatur jarak antar pelat elektroda sesuai yang diinginkan (Gambar 3.27).



Gambar 3.27 Sistem katoda alat *sputtering* DC.

Setelah rangkaian anoda terpasang pada alas tabung vakum, rangkaian anoda dipasang pada meja sesuai dengan tempat yang telah dibuat. Kemudian *nepel* untuk selang pompa vakum dipasang dan disambungkan dengan selang dari pompa vakum. Untuk mengurangi kebocoran, saat pemasangan *nepel* pada lubangnya, *nepel* terlebih dahulu diberi *seal tape* pada bagian ulirnya. Kemudian *nepel* juga diolesi *grease* kemudian dipasangkan. Pada pemasangan selang pada *nepel*, *nepel* terlebih dahulu diberi *grease*, baru kemudian selang dipasang dan dikencangkan dengan menggunakan klem. Pemberian *grease* ini untuk menutup lubang-lubang kecil yang tidak terlihat mata sehingga kebocoran yang mungkin terjadi dapat diperkecil. Karena di dalam tabung akan

terdapat beberapa kabel yaitu kabel untuk elektroda dan kabel untuk *heater*, juga kawat termokopel untuk mengukur suhu *heater*, maka pada bagian lubang untuk kabel dibuat sebuah sambungan dengan menggunakan sumbat karet tabung vial yang dilewati oleh empat buah kawat tembaga dan kawat termokopel untuk mengukur suhu *heater* (Gambar 3.28).



Gambar 3.28 Sambungan kabel.

Pemasangan sambungan kabel ini dilakukan karena memasang sambungan untuk kawat dan kabel akan membuat kebocoran yang mungkin terjadi lebih kecil jika dibandingkan dengan memasang kabel secara utuh dari luar ke dalam tabung vakum. Dengan adanya sambungan kabel ini, meskipun kabel-kabel di dalam tabung vakum dilepaskan atau digerakkan tidak akan mempengaruhi pada tekanan tabung saat divakumkan karena lubang untuk kabel-kabel ini tetap tertutup rapat. Kabel untuk *heater* dan katoda juga kawat termokopel dipasangkan pada tempatnya. Pada bagian coakan alas *stainless steel* yang telah dibuat dipasangkan karet *seal* berbentuk bulat, kemudian gelas

kaca silinder dipasangkan di atasnya. Sebelum pemasangan, kaca yang menempel pada *seal* diberi *grease* agar tidak bocor.

Sama seperti bagian alas tabung vakum, pada bagian penutup tabung vakum *stainless steel* dipasangkan *nepel* yang diberi *seal tape* dan *grease* pada bagian ulirnya untuk lubang gas argon. Pada pemasangan selang gas argon pada *nepel*, *nepel* diberi *grease* terlebih dahulu baru kemudian selang dipasangkan dan dikencangkan dengan klem. Penutup tabung vakum yang telah dirangkai dengan katoda ditutupkan pada gelas kaca. Gelas kaca terlebih dahulu diberi *grease* agar tidak bocor kemudian dipasang karet seal bulat dan ditutup dengan penutup tabung vakum. Saat pemasangan penutup tabung kabel untuk katoda dipasangkan pada katoda. Kemudian besi ulir pengunci dipasangkan pada lubangnya masing-masing dan dikencangkan dengan mur.



Gambar 3.29 Sistem alat *sputtering* DC.

Setelah sistem tabung vakum selesai dibuat kemudian sistem catu daya tegangan DC dipasang. Anoda dipasang pada kutub positif dan katoda dipasangkan pada kutub negatif. Alat pengukur tegangan DC dan vakummeter juga dipasang pada tempatnya. Kemudian pompa vakum dipasang pada bagian bawah meja dan dihubungkan dengan selang dari tabung vakum (Gambar 3.29).

B. Pengujian Alat *Sputtering* DC

Pengujian alat *sputtering* DC dilakukan sebanyak dua kali yaitu, pengujian tekanan vakum alat *sputtering* DC dan pengujian sistem listrik alat *sputtering* DC.

1. Pengujian Tekanan Vakum Alat *Sputtering* DC

Setelah alat *sputtering* DC selesai dibuat langkah selanjutnya adalah melakukan proses pengujian untuk melihat apakah alat yang telah dibuat dapat berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian. Karena proses *sputtering* merupakan proses pelapisan dengan tekanan rendah maka perlu diuji seberapa rendah tekanan udara dalam tabung yang dapat dicapai. Tekanan rendah ini sangat berpengaruh pada tingkat kemurnian hasil pelapisan, semakin rendah tekanan alat *sputtering* DC saat digunakan maka lapisan atom-atom target pada substrat hasilnya akan semakin murni dan baik.

Metode pengujian tekanan vakum ini dilakukan dalam beberapa langkah. Langkah pertama tabung vakum dipasangkan dengan pompa vakum dan alat pengukur tekanan vakum. Pompa vakum yang digunakan pada alat *sputtering* DC ini adalah pompa vakum merk EDWARDS 18 seri E2M18 (Gambar 3.30) yang mampu bekerja hingga tekanan udara maskimal 10^{-4} Torr.



Gambar 3.30 Pompa vakum EDWARDS 18.

● Sedangkan tekanan udara di dalam tabung di ukur dengan menggunakan alat pengukur tekanan udara digital merk THYRACONT seri VD83 (Gambar 3.31).



Gambar 3.31 Vakummeter THYRACONT VD83.

Langkah kedua pompa vakum dinyalakan dan tekanan udara di dalam tabung vakum diturunkan selama selang waktu 20 menit. Selang waktu dalam pengujian tekanan vakum ini sengaja dipilih tidak terlalu lama karena diharapkan alat *sputtering* DC yang telah dibuat dapat diturunkan tekanannya sekecil mungkin dengan selang waktu yang kecil pula sehingga proses pemvakuman sebelum proses *sputtering* tidak memerlukan waktu yang lama. Setelah dilakukan pemvakuman selama 20 menit, langkah terakhir adalah mencatat tekanan udara di dalam tabung vakum yang mampu dicapai sesuai dengan yang ditampilkan pada vakummeter. Proses pengujian pemvakuman ini diulang 10 kali untuk mendapatkan data yang baik.

2. Pengujian Sistem Listrik Alat *Sputtering* DC

Pengujian yang kedua adalah pengujian sistem listrik alat *sputtering* DC yang dibuat. Sistem listrik pada alat *sputtering* DC yang dibuat harus dapat membangkitkan plasma argon yang nantinya digunakan untuk

membombardir material target saat proses *sputtering*. Sistem listrik alat *sputtering* DC yang digunakan terdiri regulator tegangan AC merk MATSUNAGA dengan tegangan masukan antara 110-220 VAC dan tegangan keluaran antara 0-240 VAC dengan arus maksimum 5 A (Gambar 3.32). Regulator ini dirangkaikan dengan *converter* tegangan AC ke DC dengan tegangan masukan maksimum mencapai 118 VAC dan tegangan keluaran maksimum mencapai 2,5 kVDC dengan arus maksimum 10 Ma (Gambar 3.33). Tegangan DC keluaran dari *converter* ini dihubungkan kepada anoda dan katoda alat *sputtering* DC di dalam tabung vakum menggunakan kabel melalui sambungan kabel tembaga. Komponen terakhir adalah 2 buah multimeter digital merk KAISE dan CONSTANT yang digunakan untuk mengukur arus dan tegangan listrik pada proses *sputtering* DC (Gambar 3.34 dan Gambar 3.35). Multimeter CONSTAN dihubungkan secara seri dengan rangkaian listrik alat *sputtering* DC untuk mengukur arus listrik sedangkan multimeter KAISE dirangkai secara paralel terhadap rangkaian untuk mengukur tegangan listrik.

Proses pengujian sistem listrik dimulai dengan proses pemvakuman tabung vakum karena plasma argon yang akan dibangkitkan terjadi pada tekanan udara rendah atau vakum. Tabung vakum divakumkan dengan memompa keluar udara yang ada di dalam tabung menggunakan pompa vakum selama 20 menit. Kemudian gas argon dari tabung gas argon UHP dialirkan ke dalam tabung selama beberapa detik. Tabung gas argon ditutup sehingga gas argon berhenti dialirkan lalu tabung vakum kembali divakumkan. Proses

pemberian gas argon dan pemvakuman ini diulang sebanyak 3 kali untuk menjaga kemurnian gas argon di dalam tabung vakum. Setelah proses pemberian gas argon dan pemvakuman selesai tekanan udara yang terukur pada vakummeter dicatat dalam tabel pengamatan. Langkah selanjutnya adalah menghubungkan regulator AC pada stop kontak dan memutar *knop* regulator untuk mengalirkan arus listrik pada anoda dan katoda alat *sputtering* DC yang dibuat. Arus dan tegangan listrik DC yang dialirkan ini akan terukur pada kedua multimeter yang digunakan. *Knop* regulator diputar secara perlahan untuk menaikkan tegangan dan arus listrik yang mengalir hingga plasma argon perlahan terbentuk. Saat plasma telah terbentuk dan stabil, arus dan tegangan listrik yang terukur pada kedua multimeter dicatat pada tabel pengamatan. Selanjutnya *knop* regulator diputar ke arah nol untuk menurunkan arus dan tegangan DC yang mengalir dan pompa vakum dimatikan sehingga tekanan udara kembali normal dan plasma yang terbentuk menjadi hilang. Proses pengujian sistem listrik ini diulang sebanyak 10 kali untuk mendapatkan data yang baik.



Gambar 3.32 *Slide* Regulator tegangan AC MATSUNAGA.



Gambar 3.33 Converter tegangan AC ke DC.



Gambar 3.34 Multimeter digital CONSTANT.



Gambar 3.35 Multimeter digital KAISE.

