

Pelapisan Logam Menggunakan Plasma

¹Bob Alvin Sidabutar, ²Wijono, ³Waru Djuriatno.

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, ^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Elektro, Universitas Brawijaya, Malang
¹ bobalvin1997@gmail.com, ² wijono@ub.ac.id, ³ warudj@hotmail.com

Abstrak- Salah satu cara yang dilakukan untuk memperbaiki sifat material adalah dengan teknik deposisi lapisan tipis pada permukaan material. Salah satu metode teknik deposisi lapisan tipis adalah metode DC magnetron sputtering. Metode ini menggunakan plasma untuk menghasilkan lapisan tipis pada permukaan material. Rangkaian flyback digunakan untuk membangkitkan plasma pada penelitian ini. Pada penelitian ini akan diuji pengaruh jarak elektroda dan lama waktu proses sputtering terhadap luas bercak lapisan pada permukaan substrat. Jarak elektroda diubah dari 1 cm, 2 cm, 3 cm, dan 4 cm. Sementara itu, lama waktu proses sputtering bervariasi dari 36 menit, 72 menit, 108 menit, 144 menit, dan 180 menit. Substrat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah besi sedangkan bahan pelapis yang digunakan adalah aluminium dan tembaga. Penelitian ini menggunakan bentuk elektroda piring – piring dalam proses pelapisan. Proses sputtering ini menghasilkan bercak pada substrat. Bercak pada substrat akan dibandingkan secara kualitatif pada setiap jarak elektroda, lama proses sputtering, dan bahan pelapis yang digunakan. Bercak pada permukaan substrat dikelompokkan dalam 6 kelompok “ketebalan” lapisan untuk mendapat data kuantitatif dan dibuat dalam bentuk grafik. Dalam penelitian ini didapatkan bahan pelapis perak adalah bahan pelapis yang membutuhkan waktu paling singkat untuk melapisi substrat besi yaitu 36 menit. Pada waktu 36 menit hasil bercak yang diperoleh bahan pelapis perak termasuk dalam kelompok tertinggi dibandingkan dengan bahan pelapis yang lain. Selain itu, dalam penelitian ini dapat diketahui bahwa perubahan jarak elektroda mempengaruhi besar tegangan elektroda dan nilai kelompok “ketebalan” bahan pelapis. Semakin jauh jarak elektroda semakin besar juga besar tegangan elektroda dan nilai kelompok “ketebalan” bahan pelapis.

Kata Kunci: Teknik deposisi, DC magnetron sputtering, plasma.

Abstract- One of the ways to improve the quality of the material is by using the thin layer deposition techniques on the material surface. DC magnetron sputtering is one of the methods frequently used to do so. This method uses plasma to create a thin layer on the material's surface. In this research, flyback circuit is used to generate plasma. This research examines the effects of electrodes' gap and sputtering process time on the width of marks that appear on the substrate's surface. The electrodes' gap varies in range of 1, 2, 3, and 4 cm, whereas the sputtering process time varies in range of 36, 72, 108, 144, and 180 minutes. The substrate used in this research is iron and the coating materials used are aluminium and copper. This research uses plate-shaped electrodes in the coating process. The sputtering process resulted in the appearance of marks on the substrate's surface. The marks were compared qualitatively with every gap range of electrodes, sputtering process time, and the coating material used. Next, they were categorized into 6 groups according to the thickness of the marks' layer in order to obtain quantitative data which were then made into graphics. The results of this research show that silver coating material takes the shortest time to coat iron substrate, which is 36 minutes. In 36 minutes, the marks produced by

silver coating fall under the group with the highest marks, compared to other coating materials. This research also shows that alteration of the electrodes' gap will affect the voltage of electrodes and the coating's thickness groups. The further the gap between the electrodes, the higher the electrodes' voltage and the coating's thickness groups will be.

Keywords- Deposition technique, DC magnetron sputtering, plasma.

I. PENDAHULUAN

Dalam dunia industri beberapa material harus mempunyai sifat yang sesuai dengan yang diperlukan. Sifat yang diperlukan contohnya adalah kekuatan, ketahanan aus, ketahanan korosi, dan sebagainya. Upaya yang dilakukan untuk memperbaiki sifat material dapat dilakukan salah satunya dengan teknik deposisi lapisan tipis pada permukaan material.

Teknik deposisi dapat dilakukan dengan metode *physical vapor deposition* (PVD) dan metode *chemical vapor deposition* (CVD). Teknik CVD ini memiliki kelemahan yaitu prekursor atau bahan campuran yang akan digunakan bisa sangat beracun, misalnya Ni(CO), bersifat korosif, misalnya SiCl₂, bahkan mudah meledak [2]. Teknik pelapisan PVD terdiri dari teknik *sputtering* dan teknik *vacuum evaporation*.

Teknik *sputtering* merupakan salah satu fungsi plasma. Konsep mengenai plasma pertama kali dikemukakan oleh Langmuir dan Tonks pada tahun 1928 yang menyimpulkan bahwa plasma adalah gas yang terionisasi [3]. *Sputtering* dapat diartikan sebagai proses pembuatan lapisan tipis pada substrat didalam ruang vakum [1]. Teknik *sputtering* terdiri dari tiga metode yaitu metode DC *sputtering*, metode RF (*Radio Frequency*) *sputtering*, dan DC *magnetron sputtering*.

Plasma pada DC *magnetron sputtering* dibangkitkan dengan menggunakan rangkaian *flyback* yang menggunakan transformator atau konverter *flyback*.

Kendala yang dialami pada penelitian sebelumnya adalah plasma yang dihasilkan tidak dapat dikontrol untuk berada di sekitar katoda yang menyebabkan laju deposisi menjadi lambat. Kendala lainnya adalah bagaimana merancang elektroda yang sesuai untuk proses *sputtering* dengan metode DC *magnetron sputtering* dan bagaimana pengaruh jarak elektroda dan waktu *sputtering* terhadap luas hasil lapisan.

Untuk mengatasi masalah pengontrolan plasma adalah dengan menggunakan magnet pada bagian pelapis.

Solusi dari rancangan elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah elektroda piring – piring untuk

menghasilkan distribusi medan listrik yang merata diantara elektroda. Selain itu elektroda piring – piring dapat digunakan sebagai tempat peletakan substrat.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dalam penelitian ini adalah dengan melakukan desain elektroda yang digunakan untuk melakukan proses *DC Magnetron Sputtering*. Setelah melakukan desain elektroda lalu proses pelapisan akan dilakukan dengan jarak elektroda, waktu proses *sputtering*, dan bahan pelapis yang berbeda – beda untuk substrat yang sama yaitu besi. Jarak elektroda diubah dari 1 cm, 2 cm, 3 cm, 4 cm. Waktu proses *sputtering* tiap bahannya bervariasi mulai dari 36 menit, 72 menit, 108 menit, 144 menit, dan 180 menit. Sementara itu, bahan pelapis yang digunakan adalah aluminium dan tembaga. Setelah pengujian dilakukan, maka selanjutnya luas bercak pada substrat besi akan dianalisis dengan membandingkan secara kualitatif perbedaan luas bercak antar sampel.

2.1 Alat dan Bahan

1) Alat Penelitian

- Pompa vakum
- Rangkaian *flyback* untuk pembangkitan plasma
- Osiloskop untuk mengetahui besar tegangan dan keluaran gelombang
- Tabung vakum yang terbuat dari kaca. Didalamnya terdapat dua elektroda
- Alat pengukur tekanan yang digunakan untuk mengetahui tingkat kevakuman takum dan tekanan gas argon yang dimasukkan ke dalam tabung

2) Bahan Penelitian

- Elektroda anoda berbahan *stainless steel*
- Elektroda katoda berbahan aluminium sebagai pelapis
- Plat tembaga sebagai bahan pelapis
- Logam besi dengan panjang 4 cm dan lebar 2 cm sebagai substrat
- Plastik klip sebagai tempat penyimpanan substrat yang telah di *sputtering*
- Magnet *neodymium ring* dengan diameter 2,3 cm
- Magnet *neodymium koin* dengan diameter 1 cm
- Alkohol 70 % untuk membersihkan substrat
- Akuades untuk membersihkan substrat

2.2 Langkah – langkah penelitian

1) Persiapan dan Preparasi Sampel

- Elektroda berbahan *stainless steel* dipasang pada bagian anoda
- Elektroda berbahan aluminium dipasang pada bagian katoda sebagai pelapis. Untuk pelapisan dengan bahan tembaga, plat dari masing – masing bahan diletakkan diatas katoda aluminium.
- Logam besi sebagai substrat dibersihkan terlebih dahulu menggunakan alkohol 70 % dengan cara menyemprot

cairan alkohol ke bagian substrat yang akan dilapisi aluminium. Lalu dikeringkan dengan menggunakan tisu.

- Logam besi lalu dibersihkan lagi menggunakan akuades dengan cara menyemprot akuades dan dikeringkan dengan menggunakan tisu. Selanjutnya logam besi lalu dibersihkan menggunakan alkohol 70 % dan dikeringkan dengan tisu
- Logam besi lalu diletakkan pada anoda sebagai substrat
- Tutup kedua elektroda dengan tabung vakum
- Pastikan saluran keluaran dalam keadaan tertutup (tidak ada kebocoran)
- Hubungkan rangkaian pembangkitan, osiloskop, dan pompa vakum ke sumber PLN
- Pastikan tombol saklar pada rangkaian pembangkitan plasma dalam keadaan ON
- Pastikan alat pengukur tekanan (barometer) dalam keadaan ON

2) Proses *Sputtering*

- Mengoperasikan pompa vakum hingga mencapai tekanan 350 – 600 mikron.
- Menyalakan rangkaian pembangkitan plasma dengan cara memutar potensiometer untuk mengatur PWM. Selanjutnya didalam tabung vakum akan terbentuk plasma, yang berarti proses *sputtering* sedang berlangsung
- Menghentikan proses *sputtering* setelah mencapai waktu yang dikehendaki, dengan cara mematikan sumber tegangan DC, buka kran udara agar tekanan dalam tabung vakum kembali normal, lalu mengeluarkan substrat dari tabung
- Substrat dimasukkan kedalam plastik klip untuk selanjutnya dianalisis

3) Karakterisasi lapisan tipis Al pada substrat

Tahap ini dilakukan dengan melihat luasan bercak hasil *sputtering* pada substrat.

2.3 Hipotesis

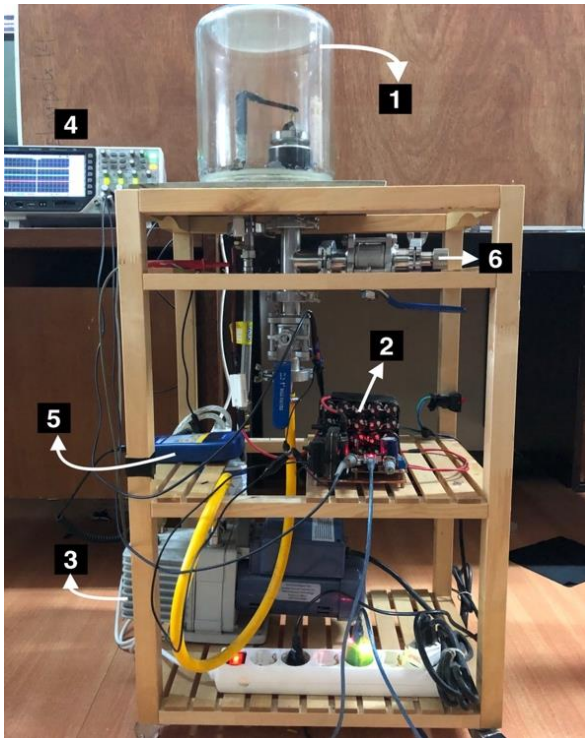
Hipotesis penulis dalam penelitian ini adalah:

- Pada substrat akan timbul bercak setelah mengalami proses *sputtering*. Hal ini dikarenakan adanya atom pelapis yang menempel pada substrat setelah proses *sputtering*.
- Semakin lama waktu *sputtering* akan semakin banyak pula atom pelapis yang menempel pada substrat. Jadi, ketika waktu *sputtering* semakin lama maka luas bercak pada substrat akan bertambah dan akan semakin jelas terlihat.
- Semakin dekat jarak elektroda maka akan semakin banyak atom pelapis yang akan menempel pada substrat. Sebaliknya, semakin jauh jarak elektroda maka akan semakin sedikit atom bahan pelapis yang menempel pada substrat.

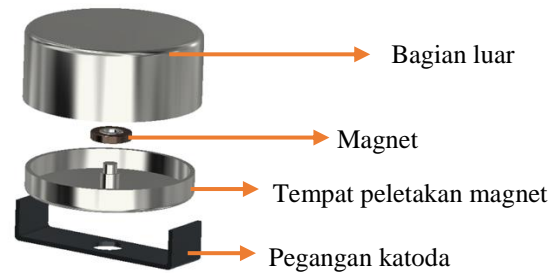
III. PERANCANGAN PENELITIAN

3.1 Perancangan Sistem

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat sistem pembangkitan plasma yang terdiri dari beberapa perangkat diantaranya:

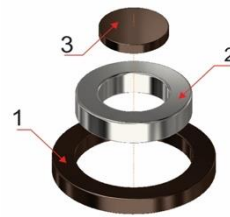


Gambar 4. 1 Sistem Pembangkitan Plasma



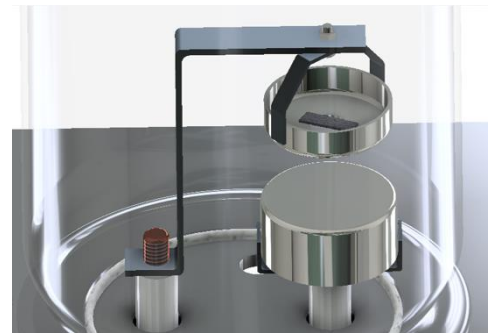
Gambar 4.4 Penyusun Katoda

3.4 Magnet



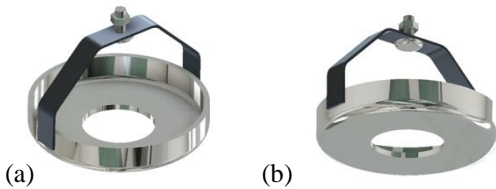
Gambar 4.5 Susunan magnet (1) Magnet *neodymium* ring (2) Aluminium (3) Magnet *neodymium* koin

3.5 Perancangan Sistem dalam Ruang Vakum



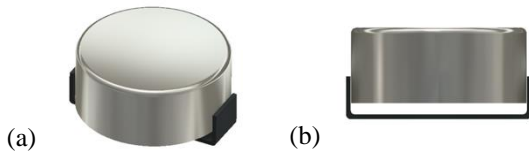
Gambar 4.2 Perancangan sistem dalam ruang vakum

3.2 Perancangan Anoda



Gambar 4.2 Rancangan Anoda (a) tampak atas anoda (b) tampak bawah anoda

3.3 Perancangan Katoda



Gambar 4.3 Rancangan katoda (a) tampak atas katoda (b) tampak samping katoda

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembahasan dari Proses Sputtering

4.1.1 Proses sputtering dengan jarak elektroda 1 cm

Tabel 4.1 Hasil Tekanan Udara dan Tegangan Elektroda Jarak Elektroda 1 cm

Tekanan Udara (mTorr)	Tegangan Elektroda (Volt)
250	390
350	355
450	330
550	310
650	315

Pada Tabel 4.1 tekanan udara dan tegangan elektroda yang diperoleh adalah pada saat plasma kontinu. Pada proses

sputtering dengan jarak elektroda 1 cm, plasma kontinu saat tekanan udara 250 – 650 mTorr.

4.1.2 Proses sputtering dengan jarak elektroda 2 cm

Tabel 4.2 Hasil Tekanan Udara dan Tegangan Elektroda Jarak Elektroda 2 cm

Tekanan Udara (mTorr)	Tegangan Elektroda (Volt)
500	312
600	320
700	323
800	328
900	330
1000	335

4.1.3 Proses sputtering dengan jarak elektroda 3 cm

Tabel 4.3 Hasil Tekanan Udara dan Tegangan Elektroda Jarak Elektroda 3 cm

Tekanan Udara (mTorr)	Tegangan Elektroda (Volt)
700	330
800	334
900	338
1000	342
1100	353
1200	360

4.1.4 Proses sputtering dengan jarak elektroda 4 cm

Tekanan Udara (mTorr)	Tegangan Elektroda (Volt)
800	355
900	358
1000	360
1100	362
1200	365
1300	368
1400	375
1500	380

Tabel 4.3 Hasil Tekanan Udara dan Tegangan Elektroda Jarak Elektroda 4 cm

4.2 Hasil dari Proses Sputtering

4.2.1 Perbandingan Hasil Sputtering pada Jarak Elektroda 1 cm

Pada percobaan jarak elektroda 1 cm dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu sputtering maka bercak yang timbul semakin beragam dan warna yang ditimbulkan semakin pekat. Pada jarak elektroda 1 cm bercak dari bahan pelapis aluminium adalah bercak yang lebih pekat.

4.2.2 Perbandingan Hasil Sputtering pada Jarak Elektroda 2 cm

Pada percobaan jarak elektroda 2 cm dapat disimpulkan bahwa semakin lama proses sputtering maka bercak yang timbul pada permukaan substrat semakin beragam dan warna yang ditimbulkan semakin pekat. Pada jarak elektroda 2 cm bercak yang dihasilkan bahan pelapis tembaga adalah bercak yang lebih pekat dibandingkan yang dihasilkan bahan pelapis aluminium.

4.2.3 Perbandingan Hasil Sputtering pada Jarak Elektroda 3 cm

Pada percobaan jarak elektroda 3 cm dapat disimpulkan bahwa semakin lama proses sputtering maka bercak yang timbul pada permukaan substrat semakin beragam dan warna yang dihasilkan semakin pekat. Pada jarak elektroda 3 cm bercak yang dihasilkan bahan pelapis tembaga adalah bercak yang lebih pekat dibandingkan yang dihasilkan bahan pelapis aluminium.

4.2.4 Perbandingan Hasil Sputtering pada Jarak Elektroda 4 cm

Pada percobaan jarak elektroda 4 cm dapat disimpulkan bahwa semakin lama proses sputtering maka bercak yang timbul pada permukaan substrat semakin beragam dan warna yang dihasilkan semakin pekat. Pada jarak elektroda 4 cm bercak yang dihasilkan bahan pelapis tembaga adalah bercak yang paling pekat.

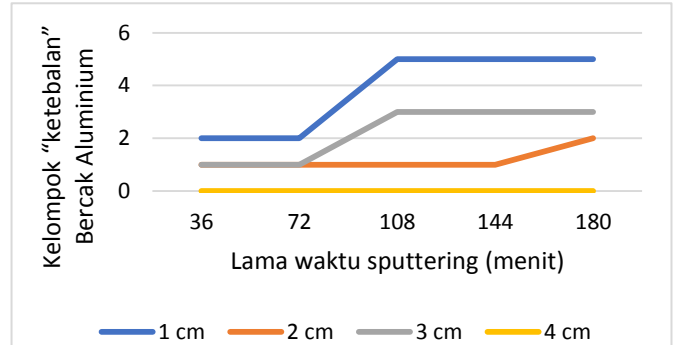
4.3 Karakterisasi Bercak Lapisan Hasil Sputtering

Karakteristik “ketebalan” bercak lapisan hasil sputtering pada penelitian ini dilakukan dengan observasi visual yang akan diklasifikasikan dalam 6 kelompok untuk menyatakan secara kuantitatif, yaitu:

- Kelompok 0 = tidak ada tanda bercak lapisan pada permukaan substrat.
- Kelompok 1 = Adanya lapisan pada permukaan substrat ditandai dengan adanya bercak yang tidak pekat pada permukaan substrat.
- Kelompok 2 = Adanya bercak tidak pekat pada substrat dan terdapat bercak lain pada permukaan substrat.
- Kelompok 3 = Adanya lapisan pada permukaan substrat ditandai dengan adanya bercak yang pekat pada permukaan substrat.
- Kelompok 4 = Adanya bercak pekat pada permukaan substrat dan terdapat bercak lain pada permukaan substrat.
- Kelompok 5 = Adanya banyak bercak pekat pada substrat dengan luas bercak yang tidak teratur.

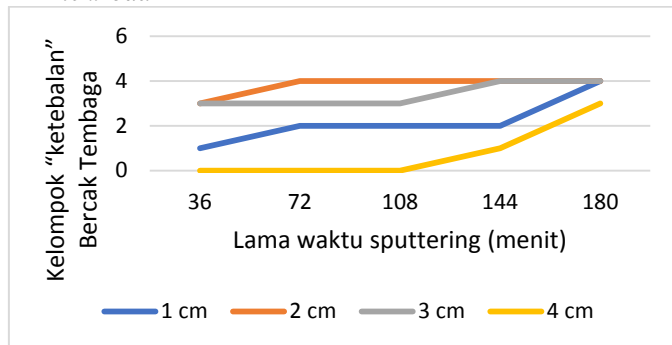
4.3.1 Hubungan Kelompok “ketebalan” Bercak Aluminium terhadap Lama Waktu Sputtering Pada Setiap Jarak Elektroda

4.3.2 Hubungan Kelompok “ketebalan” Bercak Tembaga



Gambar 5.1 Grafik Hubungan Kelompok “ketebalan” Bercak Aluminium terhadap Lama Waktu Sputtering.

terhadap Lama Waktu Sputtering Pada Setiap Jarak Elektroda



Gambar 5.2 Grafik Hubungan Kelompok “ketebalan” Bercak Tembaga terhadap Lama Waktu Sputtering.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Pelapisan logam besi menggunakan plasma dengan metode DC Magnetron Sputtering telah berhasil dilakukan dengan bahan target yang digunakan yaitu aluminium dan tembaga. Pelapisan ini menghasilkan lapisan bahan pelapis pada substrat besi yang ditandai dengan adanya perubahan warna pada substrat setelah proses sputtering.
2. Karakterisasi hasil sputtering dilakukan dengan observasi visual. Hal ini dikarenakan adanya kesulitan dalam pengukuran tebal lapisan yang dihasilkan. Agar data yang diperoleh dapat dibuat dalam grafik maka hasil sputtering digolongkan ke dalam 6 kelompok.
3. Proses sputtering pada penelitian ini dilakukan selama 36 menit – 180 menit. Bahan pelapis yang membutuhkan waktu paling singkat untuk melapisi substrat besi adalah bahan pelapis tembaga. Hal ini dibuktikan pada waktu sputtering 36 menit dan jarak elektroda 1 cm, 2 cm, 3 cm, dan 4 cm hasil bercak bahan pelapis tembaga dikelompokkan dalam kelompok ketebalan tertinggi dibanding bahan pelapis aluminium.
4. Proses sputtering pada penelitian ini dilakukan dengan variasi jarak elektroda yaitu 1 cm, 2 cm, 3 cm, dan 4 cm. Perubahan jarak mempengaruhi nilai kelompok “ketebalan” pada setiap bahan pelapis. Semakin jauh jarak elektroda maka semakin berkurang nilai kelompok “ketebalan” pada tiap bahan pelapis yang berarti pelapisan semakin tidak maksimal. Perubahan jarak elektroda juga mempengaruhi besar tegangan pada elektroda. Semakin jauh jarak elektroda maka semakin besar tegangan pada elektroda.

5.2 Saran

Saran yang penulis berikan adalah:



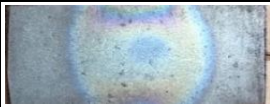

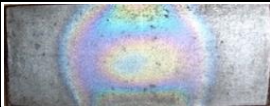

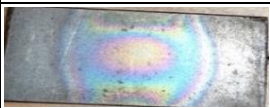

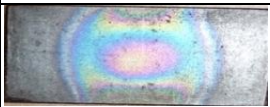
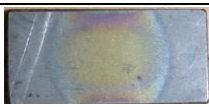
1. Mengubah bahan substrat dengan bahan yang lain dan melihat karakteristik hasil lapisan yang dihasilkan pada setiap bahan substrat.
2. Menambahkan pengontrol tegangan dan tekanan udara pada rangkaian pembangkitan plasma. Dengan adanya pengontrolan ini diharapkan karakteristik hasil lapisan pada permukaan substrat dapat dilihat berdasarkan besar tegangan dan tekanan udara yang diinginkan.
3. Menggunakan gas tambahan seperti gas argon dan gas nitrogen pada proses sputtering. Gas yang berenergi tinggi dan sukar untuk bereaksi dengan atom lain ini akan mempercepat laju deposisi target sehingga atom target yang menempel pada substrat akan lebih banyak.
4. Melakukan pengukuran ketebalan lapisan yang dihasilkan pada permukaan substrat dengan alat pengukuran SEM (Scanning Electron Microscopy).

DAFTAR PUSTAKA


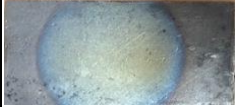

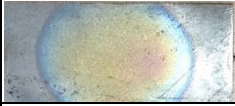

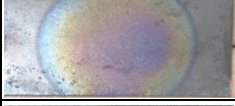

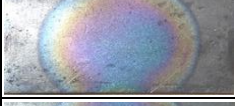

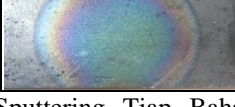
- [1] Behrisch, R. (1981). *Sputtering by Particle Bombardment*. New York: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.
- [2] Creighton, J. R., & Ho, P. (2001). Introduction to Chemical Vapor Deposition. Dalam A. International, *Chemical Vapor Deposition* (hal. 1-10). Ohio: Sandia National Laboratories.
- [3] Nur, M. (2011). *Fisika Plasma dan Aplikasinya*. Semarang: BADAN PENERBIT Universitas Diponegoro Semarang.

LAMPIRAN




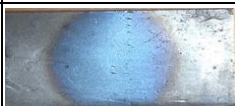
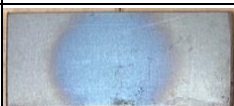
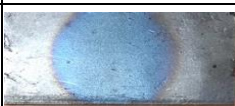

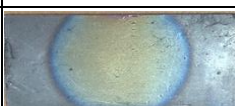


Lampiran 1. Perbandingan Hasil Sputtering Tiap Bahan Pelapis dengan Waktu Sputtering pada Jarak Elektroda 1 cm

	Aluminium	Tembaga
36 Menit		
72 Menit		
108 Menit		
144 Menit		
180 Menit		

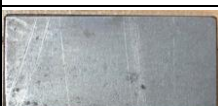
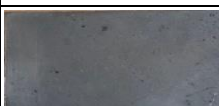

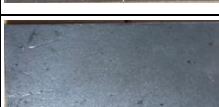




Lampiran 2. Perbandingan Hasil Sputtering Tiap Bahan Pelapis dengan Waktu Sputtering pada Jarak Elektroda 2 cm

	Aluminium	Tembaga
36 Menit		
72 Menit		
108 Menit		
144 Menit		
180 Menit		

Lampiran 3. Perbandingan Hasil Sputtering Tiap Bahan Pelapis dengan Waktu Sputtering pada Jarak Elektroda 3 cm

	Aluminium	Tembaga
36 Menit		
72 Menit		
108 Menit		
144 Menit		
180 Menit		

Lampiran 4. Perbandingan Hasil Sputtering Tiap Bahan Pelapis dengan Waktu Sputtering pada Jarak Elektroda 4 cm

	Aluminium	Tembaga
36 Menit		
72 Menit		
108 Menit		
144 Menit		
180 Menit	