

KARAKTERISASI TABUNG SPUTTERING DIAMETER 40 CM TINGGI 50 CM UNTUK PERLAKUAN PERMUKAAN Fe

Yunanto, Sayono, Djasiman, Bambang Siswanto

Puslitbang Teknologi Maju - BATAN

ABSTRAK

KARAKTERISASI TABUNG SPUTTERING 40 CM × 50 CM UNTUK PERLAKUAN PERMUKAAN Fe. Telah dilakukan karakterisasi tabung sputtering untuk perlakuan permukaan (surface treatment) pada komponen industri dari bahan Fe bentuk silinder diameter 18 cm. Karakterisasi ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kevakuman, daya optimum yang dapat menghasilkan percikan maksimum, tegangan awal untuk gas Ar dan mengamati percikan atom target pada substrat. Karakterisasi dilakukan dengan menghampakan tabung sputtering, memberikan elektroda dengan tegangan DC diukur tegangan dan arus, melakukan variasi tekanan yang menghasilkan tegangan awal yang berbeda dan mengamati unsur yang terdepositasi pada substrat Fe menggunakan XRF. Dari hasil karakterisasi diperoleh hasil kevakuman optimum $4,4 \cdot 10^{-1}$ torr dengan waktu 2 menit, daya optimum pada tekanan gas $6,5 \cdot 10^{-1}$ torr, tegangan awal gas Ar 300 volt dan lapisan tipis Zn pada substrat Fe rata-rata 236 cacah pada waktu pencacahan 10 menit.

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF SPUTTERING TUBE 40 CM × 50 CM FOR SURFACE TREATMENT OF THE Fe. Characterization of sputtering tube for surface treatment of the industry component of the Fe material cylindrical have been done. The goal of these characterization is to know vacuum level, optimum power which was result sputtered optimum, initial voltage for Ar gas and to investigate of atom sputtered target on a substrat. Characterization have been done by pumping of sputtering the tube, by DC electrode voltage, by variate of pressure which was result of the differ initial voltage and investigate of element that was deposited on Fe substrat using XRF. From the characterization result was found that optimum pressure is $4,4 \cdot 10^{-1}$ torr, a time of 2 minutes, the optimum power at $6,5 \cdot 10^{-1}$ torr gas pressure, the initial voltage of Ar gas is 300 volt and the counting average of Zn thin film on substrat is 236 at counter time of 10 minutes

PENDAHULUAN

Untuk melindungi komponen industri dari bahan Fe dari serangan korosi selama ini banyak dilakukan menggunakan teknik elektro plating. Bahan Fe yang dilindungi dan bahan pelindung Zn direndam pada cairan elektrolit yang mengandung garam-garam penyulut. Bahan Zn diberi potensial positif (anoda), sedangkan bahan Fe diberi potensial negatif (katoda) maka pada elektrolit akan timbul arus yang akan melarutkan bahan Zn pada bahan Fe. Dengan mengatur kekentalan elektrolit dan bentuk dari anoda dan katoda dapat dikendalikan ketebalan pelapisan bahan Zn pada bahan Fe.^(1,2)

Selain itu ada metode lain misalnya teknik evaporasi, dimana bahan yang akan dilapiskan pada bahan yang dilindungi dipanasi sampai menguap. Teknik ini mempunyai kekurangan yaitu tidak dapat merekat dengan kuat, bahan yang digunakan boros, sulit membuat campuran dua atau lebih bahan pelapis dan sulit untuk melapisi benda kerja bentuk silinder.

Untuk itu pada tahun terakhir banyak dikembangkan teknik *sputtering* untuk perlakuan

permukaan komponen industri dengan ukuran relatif besar, misalnya untuk perlakuan permukaan roda gigi, bearing mesin industri. Teknik *sputtering* mempunyai kelebihan yaitu : tanpa melibatkan suhu tinggi, bahan pelapis hemat, lapisan tipis dapat merekat dengan kuat, dapat melapiskan beberapa senyawa bahan padat ataupun dengan gas, dapat melapiskan berbagai bahan konduktor, semi konduktor bahkan bahan isolator dan dapat untuk melapisi benda kerja bentuk silinder atau bentuk tidak beraturan.⁽³⁾

Sputtering adalah suatu peristiwa lepasnya atom dari suatu bahan karena ditumbuki partikel berenergi. Lepasnya atom dari permukaan bahan tersebut menuju ke segala arah dan juga masih mempunyai energi. Besarnya energi atom yang terlepas tergantung dari daya ikat bahan yang ditumbuki dan sudut datangnya partikel. Dengan demikian atom yang terlepas dapat menempel pada bahan lain dengan daya rekat yang cukup kuat. Berdasarkan peristiwa *sputtering* tersebut dikembangkan teknologi *sputtering* yaitu suatu teknik mendeposisikan atom atom bahan target ke permukaan suatu bahan substrat.⁽⁴⁾

Teknik *sputtering* diperlukan ion yang mempunyai jari-jari dan massa yang cukup besar serta mempunyai tenaga untuk dapat menumbuki bahan target supaya atom target terlepas dari permukaan bahan target. Untuk membentuk ion yang yang dipersyaratkan tersebut dapat menggunakan gas Ar, ruang vakum dan sumber tegangan DC atau RF. Pada tekanan atmosfer jalan bebas rata-rata sekitar $6,7 \cdot 10^{-6}$ cm, sedangkan untuk tekanan 1 torr adalah $5,1 \cdot 10^{-3}$ cm. Untuk jalan bebas rata-rata tekanan 1 torr sudah dapat terjadi ionisasi⁽⁵⁾.

Untuk dapat terjadi ionisasi dengan mudah pada tekanan 10^{-1} torr karena jalan bebas rata-ratanya sudah agak jauh yaitu sekitar 10^{-1} cm. Pada jarak ini tenaga elektron atau ion yang diserahkan pada atom di depannya sudah mencukupi untuk melepaskan elektron dari atomnya. Tetapi untuk tekanan yang semakin rendah misalnya pada tekanan 10^{-3} torr jalan bebas rata-ratanya 5 cm, sehingga untuk memberikan tenaga pada elektron atau ion untuk dapat menumbuki atom di depannya memerlukan tenaga yang cukup besar dan jumlah ionnya terbatas untuk dapat menumbuki atom target. Dengan demikian hasil percikan yang akan digunakan untuk melapisi bahan substrat akan terbatas.

Pada penelitian ini menggunakan tabung *sputtering* baru, sehingga setelah tabung *sputtering* dibuat dan sebelum digunakan untuk perlakuan permukaan benda kerja dengan dimensi besar perlu dikarakterisasi (hanya satu kali).. Dengan melakukan karakterisasi diharapkan dapat diketahui pada tekanan dan tegangan tertentu yang menghasilkan daya optimal sehingga akan menghasilkan lapisan tipis yang baik. Tabung *sputtering* yang dikarakterisasi ini berbeda dengan tabung *sputtering* sebelumnya (ukuran 10 cm x 20 cm) dimana hanya untuk keperluan skala laboratorium. Sedangkan tabung ini ukurannya jauh lebih besar (ukuran 40 cm x 50 cm) dan dapat untuk perlakuan permukaan benda kerja komponen industri dengan diameter 30 cm tinggi 45 cm.

TATA KERJA

Pengukuran Tingkat Kevakuman

Percobaan pertama adalah membandingkan tingkat kevakuman dan kecepatan kevakuman 2 pompa vakum. Kedua pompa vakum ini yang satu mempunyai kapasitas yang besar yaitu 1.000 l/menit tetapi hanya 1 tingkat, sehingga kemampuan menyedot uadar sangat besar tetapi tingkat kevakumannya rendah, sedangkan yang satu dengan kapasitas hanya 500 l/menit tetapi 2 tingkat sehingga

tingkat kevakumannya lebih tinggi.. Pompa vakum dihidupkan kemudian diamati kenaikan kevakuman sebagai fungsi waktu. Tingkat kevakuman tabung diukur dengan vakum meter digital.

Pengukuran Tegangan dan Arus

Tegangan listrik disalurkan melalui terminal listrik dimana sebelum masuk terminal listrik diseri dengan tahanan seri sedangkan pada bagian dalam menggunakan kabel yang dibungkus isolator. Setelah tabung divakumkan sampai $4,4 \times 10^{-1}$ torr maka tegangan DC dihidupkan maka akan terjadi lucutan pijar diantara anoda dan katoda. Dengan menaikkan tegangan DC maka akan dapat dibuat grafik hubungan antara tegangan dan arus. Pada terminal sebelum tahanan seri arus akan naik sesuai dengan tegangan, tetapi tegangan pada titik setelah tahanan seri pertama arus akan naik sesuai dengan kenaikan tegangan, tetapi pada kondisi tertentu tegangan tetap tetapi arus naik terus. Gas yang digunakan adalah gas Ar dan dari udara. Selain diuji hubungan anatar tegangan dan arus diuji juga besarnya tegangan awal untuk berbagai tekanan gas Ar atau udara. Pada percobaan ini dilakukan menggunakan gas Ar dan udara adalah untuk membandingkan perbedaan tegangan break down kedua gas tersebut. Kevakuman tabung *sputtering* hanya sampai $4,4 \cdot 10^{-1}$ torr untuk keperluan *sputtering* untuk meningkatkan mutu suatu bahan sudah mencukupi karena masalah kotoran pada saat proses *sputtering* tidak begitu mengganggu. Lain halnya untuk membuat komponen elektronik, kevakuman yang diperlukan harus tinggi.

Penyiapan Substrat dan Target

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah target Zn bentuk silinder sedangkan substrat Fe yang dipotong dengan diameter 14 mm (untuk uji korosi) dan Fe dipotong 20 mm x 20 mm (uji ketahanan aus). Substrat ini ditempatkan pada anoda yang berbentuk silinder juga dengan diameter lebih kecil. Substrat Fe tersebut sebelumnya dipoles dengan ampelas sampai halus dan mengkilap.⁽⁶⁾

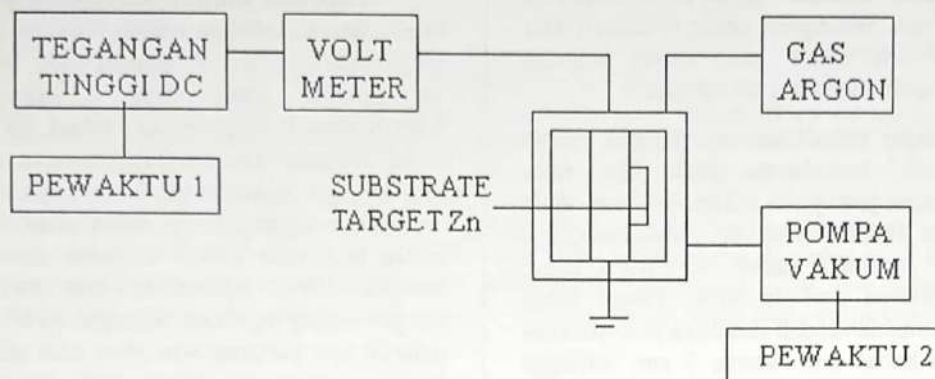
Pendeposisian Lapisan Tipis

Peralatan yang digunakan berupa tabung *sputtering* dengan anoda dan katoda berbentuk silinder dibuat dari bahan Zn, pompa vakum rotari, kran gas pengatur aliran gas, vakum meter, sumber tegangan tinggi DC, pewaktu 1, pewaktu 2 dan sumber gas argon.

Substrat Fe dipasang pada anoda kemudian tabung *sputtering* divakumkan sampai $4,4 \times 10^{-1}$ torr

dengan menghidupkan pewaktu 1 dan pewaktu 2. Pewaktu 1 untuk menghidupkan sumber tegangan setelah pompa vakum hidup 2 menit (pompa vakum kapasitas 1.000 l/menit), kemudian gas argon dialirkan ke dalam tabung sputtering kran yang digunakan untuk mengatur tekanan gas. Tekanan gas

dinaikkan menjadi $5,5 \times 10^{-1}$ torr. Pewaktu 2 untuk mematikan pompa vakum dan sumber tegangan setelah proses pendeposisian selesai. Gas Ar akan terionisasi dengan adanya tegangan DC. Dilakukan percobaan 5 buah substrat Fe yang dideposisi lapisan tipis Zn menggunakan pewaktu.



Gambar 1. Diagram kotak sistem sputtering bentuk silinder.

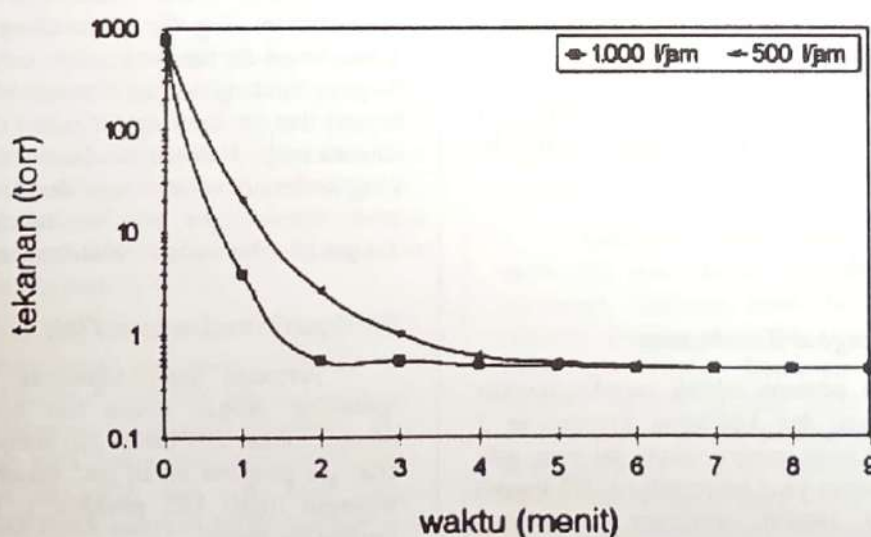
Analisa Unsur Dengan XRF

Untuk mengetahui unsur yang terdeposisi pada substrat Fe digunakan XRF. Prinsip kerja dari peralatan XRF adalah meradiasi substrat yang dideposisi dengan suatu lapisan dengan sumber radio isotop. ^{109}Cd sehingga pada substrat timbul sinar X. dan dideteksi oleh detektor yang menghasilkan sinyal. Sinyal ini dimasukkan pada analisator saluran ganda yang berfungsi untuk memisahkan sinyal menurut tinggi energi sinar X

yang dihasilkan oleh substrat yang diamati. Untuk unsur Zn kanal di geser pada tenaga 866,8 keV.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum digunakan untuk keperluan deposisi lapisan tipis pada substrat Fe tingkat kevakuman diuji dengan pompa vakum rotari 1 tingkat tetapi dengan kapasitas yang cukup besar yaitu 1.000 lt/menit dan kapasitas 500 l/jam.



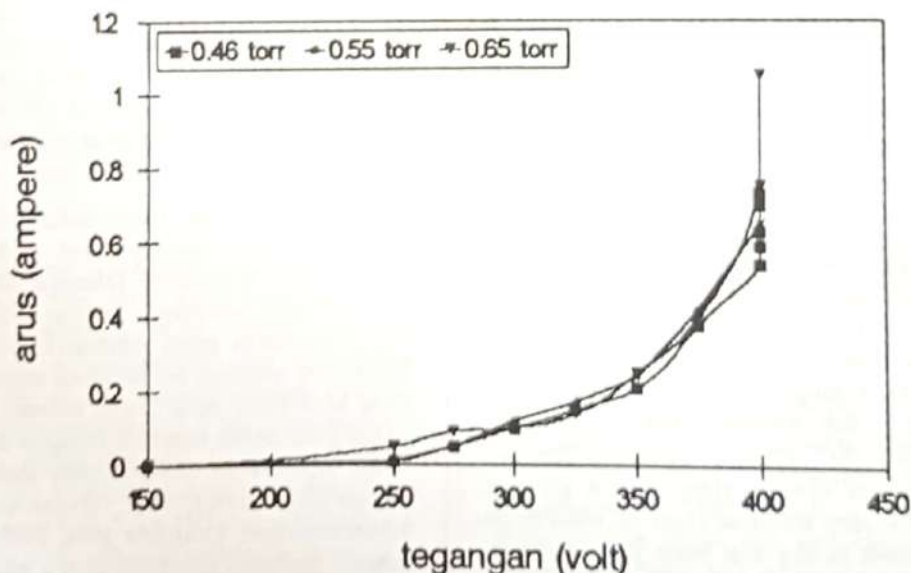
Gambar 2. Grafik hubungan antara waktu pemompaan dengan tingkat kevakuman 2 pompa vakum berbeda kapasitasnya.

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa penurunan tekanan (kenaikan tingkat kevakuman) pertama meningkat dengan pesat, setelah beberapa saat tingkat kevakuman hanya naik sedikit kemudian konstan. Hal ini disebabkan semula tabung sputtering berisi berbagai gas yang masih mudah disedot pompa vakum, sehingga tekanan turun drastis. Setelah waktu pemompaan berjalan 1 menit kevakuman mencapai tekanan 7×10^{-1} torr tekanan hanya turun sedikit dan mencapai minimum pada menit ke 2. Untuk pompa vakum dengan kapasitas yang lebih kecil yaitu 500 l/jam untuk mencapai minimum tercapai pada waktu pemompaan 5 menit. Penurunan tekanan relatif sedikit karena gas yang disedot tinggal dari hasil permeasi, pelepasan gas difusi dan desorpsi, penguapan serta kebocoran. Permeasi adalah proses masuknya atom gas dari luar dinding tabung pada tekanan atmosfer ke dalam dinding. Proses masuknya atom gas ke dalam dinding terdiri dari : adsorpsi, pelarutan, difusi dan desorpsi.

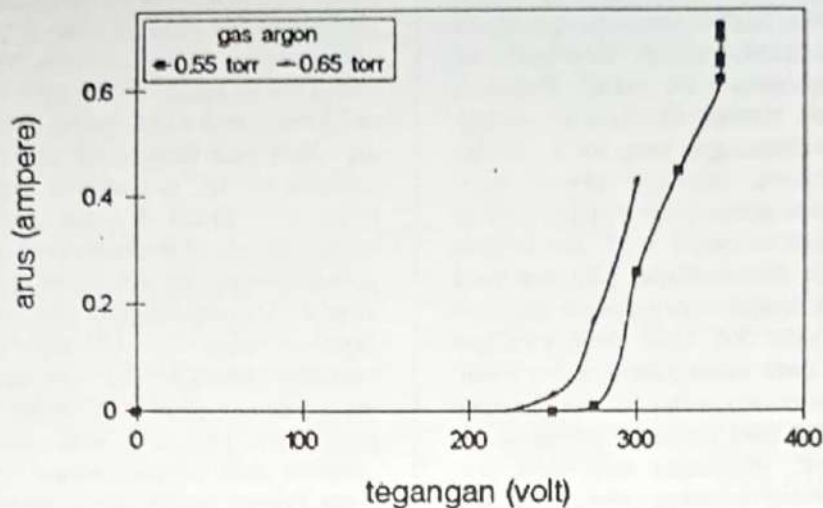
Adsorpsi menempelnya atom gas pada dinding luar. Setelah atom gas menempel pada dinding luar atom gas mulai ditarik ke dalam permukaan dinding. Selanjutnya terjadi proses difusi dimana atom gas yang sudah masuk ke dalam dinding ditarik lagi keluar menempel dinding bagian dalam. Proses difusi ini dapat juga terjadi tanpa sedotan dari pompa vakum tetapi karena bahan dipanasi, semakin tinggi suhu yang dikenakan pada bahan maka masuknya atom pada bahan semakin dalam.. Proses difusi disini dapat terjadi karena

bahan SS mempunyai permeabilitas, sehingga atom gas yang masuk kedalam dinding dengan konsentrasi tinggi mampu menembus bahan SS. Tahap terakhir adalah proses desorpsi yaitu lepasnya atom gas yang sudah menempel pada dinding dalam karena adanya daya tarik pada kehampaan tinggi. Tekanan tabung setelah $4,4 \times 10^{-1}$ torr, tekanan akan tetap walaupun waktu pemompaan ditambah. Hal ini disebabkan sudah terjadi kesetimbangan antara kapasitas pemompaan pompa vakum dengan beban gas yang disedot. Menurut perhitungan tingkat kevakuman dapat mencapai 2×10^{-1} torr. Kevakuman tidak mencapai sampai 2×10^{-1} torr kemungkinan karena ada kebocoran pada bibir tabung yang panjangnya ring karet 140 cm. Pada sambungan lainnya misalnya pada saluran terminal listrik, saluran gas dapat dengan mudah dicek dengan alkohol, tetapi tidak terdeteksi. Tingkat kevakuman ini sudah dapat digunakan untuk proses sputtering untuk deposisi bahan logam untuk memperbaiki sifat mekanik logam.

Pada tekanan tertentu bila terminal tegangan diberi tegangan DC maka arus naik sesuai dengan kenaikan tegangan, tetapi pada tegangan elektroda. (tegangan elektroda dan tegangan terminal berbeda karena ada tahanan seri) pada mulanya arus naik sesuai dengan kenaikan tegangan. Tetapi pada tegangan tertentu tergantung gas yang ada di dalam tabung sputtering terjadi tegangan *breakdown*. Untuk gas dari udara tegangan *breakdown*nya 400 volt, sedangkan untuk gas Ar 350 volt.⁽³⁾



Gambar 3. Grafik hubungan antara tegangan dan arus tabung Sputtering dengan gas dari udara.



Gambar 4. Grafik hubungan antara tegangan dan arus tabung *sputtering* dengan gas Ar.

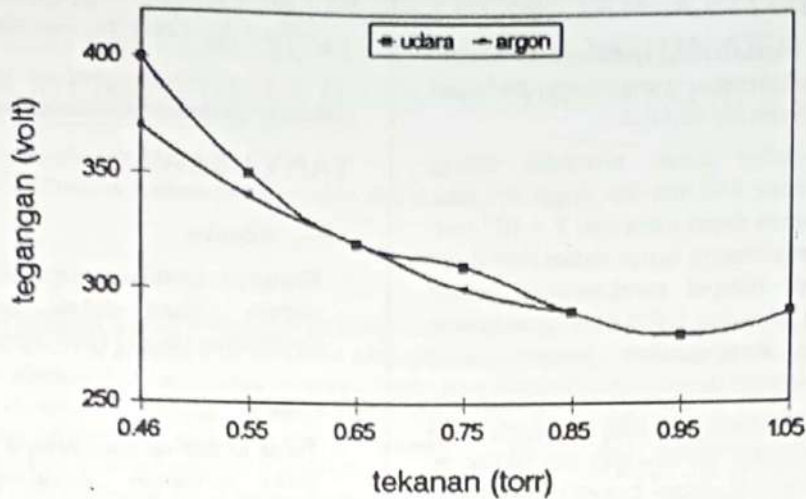
Pada tegangan ini yang berubah hanya arusnya dan naik terus. Hal ini disebabkan karena pada tekanan di bawah atmosfer jalan bebas rata-rata atom menjadi panjang, sehingga tumbukan antar ion menjadi berkurang. Dengan adanya tegangan pada elektroda maka akan timbul medan listrik. Sebagian kecil sudah ada atom yang terionisasi sehingga ion atau elektron tersebut mempunyai tenaga untuk menumbuk atom lainnya. Semakin lama elektron yang lepas dari atomnya semakin banyak yang menyebabkan arus semakin naik. Medan listrik ini juga akan mengarahkan elektron ke anoda dan ion ke katoda, sehingga timbul arus. Arus mula-mula naik karena efek rekombinasi antara elektron dan ion berkurang. Dengan demikian tegangannya tetap karena jenuh. Tetapi kalau tegangan dinaikkan lagi maka ion dan elektron memperoleh tenaga cukup untuk mengionkan atom didepannya, sehingga menimbulkan kenaikan arus.

Dalam tabung *sputtering* yang dibuat terjadinya tegangan *start* (tegangan mulai terjadinya lucutan pijar) adalah 300 volt di bawah hasil perhitungan. Hal ini kemungkinan disebabkan karena bentuk elektroda jajar tetapi berbentuk silinder. Bila tegangan masih dinaikkan maka kemampuan ion dan elektron untuk mengionkan menjadi sangat besar. Tegangan *breakdown* gas dari udara lebih tinggi dibandingkan dengan gas Ar. Perbedaan ini karena diameter atom Ar lebih besar sehingga elektron paling luar lebih jauh dari inti, sehingga mudah terlepas dan atom Ar menjadi ion. Selain itu diameter atom Ar lebih besar demikian juga massanya sehingga lebih mudah bertumbukan dan terlepas elektronnya. Dengan demikian atom Ar

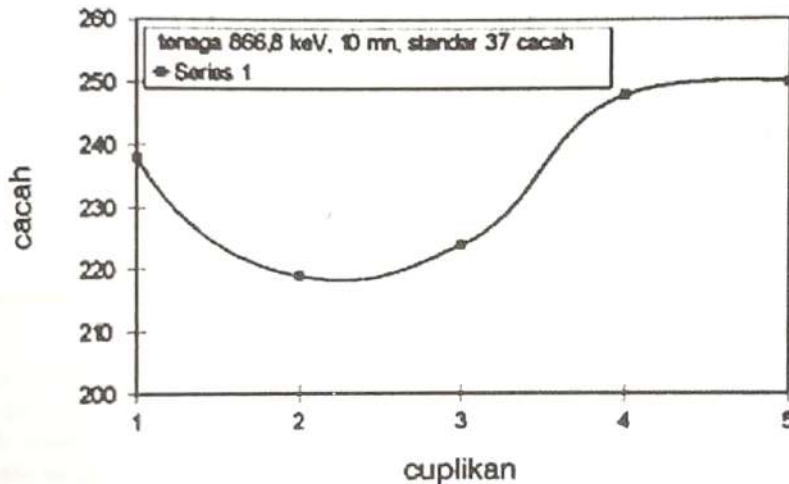
lebih mudah terionisasi dan demikian juga lebih dulu terjadi *breakdown*.

Hubungan antara tekanan gas dengan tegangan elektroda perlu diamati karena dapat mengetahui pada tekanan tertentu tegangan ionisasi terjadi pada tegangan yang cukup rendah, sehingga pada pembuatan lapisan tipis dapat untuk patokan pada tekanan tersebut yang akan digunakan. Tegangan *breakdown* untuk gas Ar dan udara berlainan, tekanan pada tabung juga mempengaruhi tegangan yang timbul pada elektroda. Untuk gas dari udara tegangan elektroda paling tinggi pada tekanan paling rendah yaitu 400 volt, kemudian turun mencapai minimum pada tekanan $9,5 \times 10^{-1}$ torr kemudian naik lagi. Sedangkan tegangan yang ditimbulkan pada gas Ar hanya 370 volt, kemudian turun mencapai minimum pada tekanan 9×10^{-1} torr, setelah itu tidak terjadi lucutan lagi.

Untuk tekanan yang rendah di dalam tabung *sputtering* hanya berisi partikel lebih sedikit dari tekanan yang lebih besar, sehingga jalan bebas rata-rata menjadi panjang. Dengan demikian untuk mengionisasikan atom memerlukan tenaga yang besar yang akhirnya memerlukan tegangan elektroda yang lebih besar pula. Untuk tekanan yang semakin tinggi jalan bebas rata-rata semakin dekat, sehingga untuk melepaskan elektron pada atom memerlukan tenaga yang lebih rendah. Dengan demikian diperlukan tegangan elektroda yang lebih rendah. Perbedaan tegangan elektroda antara gas Ar dan udara disebabkan karena potensial ionisasi gas Ar, massa dan jari atom Ar lebih besar dibanding gas dari udara. Dengan demikian dengan tenaga yang lebih kecil sudah dapat melepaskan elektron dari atomnya.



Gambar 5. Grafik hubungan antara tekanan dan tegangan elektroda tabung sputtering yang dialiri udara dan atau gas Ar.



Gambar 6. Grafik hasil perbandingan cacah unsur Zn pada 5 cuplikan.

Pada Gambar 6 disajikan gambar hasil cacah unsur Zn secara kuantitatif yang terdeposisi pada substrat akibat tumbukan ion Ar. Untuk mengetahui kemampuan ion Ar menumbuki dan memercikan atom target Zn, dicoba deposisi lapisan tipis Zn dengan parameter tekanan $5,5 \times 10^{-1}$ torr, tegangan 600 volt dan waktu deposisi 10 menit. Tekanan tabung tanpa gas Ar adalah $4,4 \cdot 10^{-1}$ torr dan setelah dialiri gas tekanan naik $5,5 \times 10^{-1}$ torr. Tegangan DC diberikan pada elektroda maka elektron bebas pada tabung akan memperoleh tenaga untuk menumbuki atom Ar di depannya. Sebagian atom akan terlepas elektronnya dan menjadi ion. Ion tersebut akan menumbuki atom lainnya sehingga akan terjadi

ionisasi. Ion Ar yang mempunyai tenaga cukup akan menumbuki target Zn dan atom permukaan target Zn akan terpecek ke segala arah menuju substrat yang akan dilapisi.

Percobaan untuk parameter ini dilakukan lima kali menggunakan pewaktu. Hasil pengamatan unsur Zn yang terdeposisi pada substrat menggunakan XRF. Hasil pengamatan unsur menggunakan XRF ada perbedaan substrat satu dengan yang lain. Hal ini kemungkinan disebabkan karena pewaktu sendiri ada perbedaan waktu menghidupkan dan mematikan sumber tegangan DC, terjadinya perubahan tegangan DC karena tanpa menggunakan stabiliser dan perubahan aliran gas Ar.

KESIMPULAN

Dari hasil karakterisasi, pembuatan tabung, percobaan dan pengamatan yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan :

1. Dari hasil analisa untuk membuat tabung sputtering diameter 400 mm dan tinggi 500 mm, tingkat kevakuman dapat mencapai 2×10^{-1} torr, tetapi dalam kenyataannya hanya dalam orde $4,4 \times 10^{-1}$ torr dapat dicapai menggunakan pompa vakum dengan kapasitas 1.000 liter/menit selama 2 menit dan menggunakan pompa vakum kapasitas 500 l/menit dalam waktu 5 menit.
2. Dengan jarak elektroda 100 mm, kevakuman $4,4 \times 10^{-1}$ torr, menurut perhitungan diperlukan tegangan DC 856 volt, tetapi kenyataannya hanya 300 untuk gas Ar dan 350 volt untuk udara.
3. Untuk mencapai kevakuman maksimum menggunakan pompa kapasitas 1.000 l/jam diperlukan waktu 2 menit, sedangkan untuk pompa vakum kapasitas 500 l/am diperlukan waktu 5 menit.
4. Pada tekanan $5,5 \times 10^{-1}$ torr dan tegangan elektroda 350 V dapat menghasilkan daya yang paling besar yaitu 375 watt.
5. Tegangan awal tergantung dari tekanan dan jenis gas.
6. Dengan menggunakan XRF dapat diketahui telah terbentuk lapisan tipis Zn pada substrat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan teima kasih kepada Bapak Drs. BA Tjipto Sujitno MT APU atas sumbangan saran dan diskusi ilmiah, demikian juga Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sdr. Samtiyono dan Sdr. Mujiono yang telah membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. M. SUNTHANKAR, SD JOSHI, *Zero Waste Dry Plating*, Society of Vacuum Coaters, 1997.
2. CHAMBERLAIN J, TRETHERWEY KR., *Korosi*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1991.
3. MITSU HARU KONUMA, *Film Deposition by Plasma Techniques*, Springer Verlag Berlin, 1991.
4. KIYOTAKA W, SHIGER H, *Handbook Sputter Deposition Tecnology*, Noyes Publication, New Yersey, 1991.
5. A. ROTH, *Vacuum Technology*, Elsevier North Publishing Company, Amsterdam, 1978.

6. J MORT, F JONSON, *Plasma Deposited Thin Film*, CRC Press Inc. Florida, 1985.

TANYA JAWAB

Tono Wibowo

- Mengapa kevakumannya tidak di test dengan pompa vakum difusi, apakah tidak perlu kevakuman tinggi? (10^{-6} Torr misalnya).

Yunanto

- Tidak di test dengan pompa vakum difusi karena untuk perlakuan permukaan tidak diperlukan tabung sputering yang bersih sekali terhadap partikel lain selain ion argon dan untuk tekanan minus satu massa boron rata-ratanya sudah cukup 1 elektron bebas menumbuk atom boron untuk terionisasi.

Suryadi

- Hasil pada Gambar 6, mungkin tidak disajikan dalam grafik sehingga pola acak tidak terlihat.
- Pompa vakum yang kuat apa tidak mempengaruhi kesetimbangan plasma dalam tabung.

Yunanto

- Terima kasih atas sarannya dan grafik Gambar 6 akan dirubah.
- Pompa vakum yang digunakan disini hanya kuat dalam laju pemompaan jadi masih bisa mencapai minus satu Torr dengan demikian tidak mempengaruhi kestimbangan plasma dalam tabung.

Hari Suryanto

- Apa kelebihan teknik sputtering dengan teknik elektro plating.
- Apa pengaruh ketebalan terhadap ketahanan korosi.

Yunanto

- Kelebihan teknik sputtering dibanding dengan elektro plating adalah lapisan tipis dapat merekat dengan kuat sehingga tidak mudah terkelupas bila terkena abrasi air yang deras atau gesekan dengan benda lain dan tidak menimbulkan polusi.
- Ketebalan mempengaruhi ketahanan korosi, semakin tebal semakin baik tetapi kalau terlalu tebal ketahanan korosi turun lagi.