

DEPOSISI LAPISAN TIPIS TITANIUM NITRIDA PADA STAINLESS STEEL 316 MENGGUNAKAN METODE DC SPUTTERING

Wiwien Andriyanti¹, Henky Sutrisno Prama² dan Dwi Priyantoro²

¹Pusat Sains dan Teknologi Akselerator-BATAN, Jl. Babarsari kotak pos 6101 ykbb Yogyakarta 55281

²Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir-BATAN, Jl. Babarsari kotak pos 6101 ykbb Yogyakarta 55281

wiwien@batan.go.id

ABSTRAK

DEPOSISI LAPISAN TIPIS TITANIUM NITRIDA PADA STAINLESS STEEL 316 MENGGUNAKAN METODE DC SPUTTERING. Deposisi lapisan titanium nitrida dilakukan untuk meningkatkan umur pakai dari stainless steel 316 yang sering digunakan dalam lingkungan korosif serta memiliki temperatur tinggi. Penelitian ini difokuskan terhadap pengaruh lapisan TiN terhadap sifat kekerasan dan ketahanan korosi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah DC sputtering dengan parameter waktu dan perbandingan gas yang dialirkan serta menggunakan tekanan pada orde 10^{-2} mbar. Waktu yang digunakan adalah 30, 60, 90, 120 dan 150 menit dengan perbandingan gas 50Ar:50N, 60Ar:40N, 70Ar:30N, 80Ar:20N dan 90Ar:10N. Waktu optimum untuk proses deposisi adalah 90 menit dengan perbandingan gas 70Ar:30N. Laju aliran gas argon sebesar 55,8 ml/min dan laju gas nitrogen 164 ml/min. Nilai kekerasan maksimum yang diperoleh sebesar 145 VHN dengan faktor koreksi sebesar 0,995. Nilai laju korosi terkecil adalah sebesar 0,12 mpy dimana terjadi peningkatan 700 % dari raw material. Lapisan tipis TiN terbentuk pada substrat dengan intensitas rendah yaitu pada bidang 111, 200 dan 202.

Kata kunci : stainless steel, DC Sputtering, Titanium Nitrida

ABSTRACT

TITANIUM NITRIDE THIN FILM DEPOSITION ON STAINLESS STEEL 316 USING DC SPUTTERING METHODE. The titanium nitride coating deposition was carried out in an attempt to increase the wear life of 316 stainless steel substrates frequently used in corrosive environments as well as having high temperatures. This research focused on the effect of TiN layer on hardness and corrosion resistant. The method used in this research was DC sputtering with parameters of time and comparison of gas that flowed and using pressure at the order of 10^{-2} . The time used was 30, 60, 90, 120 and 150 minutes with a gas ratio of 50Ar: 50N, 60Ar: 40N, 70Ar: 30N, 80Ar: 20N and 90Ar: 10N. The optimum time for the deposition process was 90 minutes with a gas ratio of 70Ar: 30N. Argon gas flow rate of 55.8 ml / min and nitrogen gas rate of 164 ml / min. The maximum hardness value obtained is 145 VHN with a correction factor of 0.995. The smallest corrosion rate value is 0.12 mpy where there was an increase of 700 % from raw material. A thin layer of TiN was formed on a substrate of low intensity with planes 111, 200, 102 and 220.

Keywords : stainless steel, DC sputtering, titanium nitride

PENDAHULUAN

Stainless steel 316 merupakan bahan yang sering digunakan pada lingkungan yang berpotensi tinggi untuk terjadi korosi. Baja jenis ini memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap korosi dibandingkan stainless steel 304. Stainless steel 316 banyak digunakan pada peralatan kelautan seperti boat fittings, penggunaan pada alat kedokteran serta penggunaan untuk cladding bahan bakar reaktor Liquid Metal Fast Breeder Reactor (LMFBR) yang memiliki lingkungan asam dan mempunyai temperatur di atas 500 °C. Namun stainless steel 316 memiliki kelemahan yaitu tingkat kekerasan yang dimiliki baja jenis ini rendah [1]. Untuk meningkatkan sifat mekanis stainless steel 316 dapat dilakukan dengan cara perlakuan permukaan (surface treatment). Metode penumbuhan lapisan tipis dengan cara perlakuan permukaan (surface treatment) menjadi

salah satu cara efektif untuk meningkatkan kekuatan mekanis stainless steel 316.

Ada beberapa cara untuk menghasilkan lapisan tipis yaitu dengan proses PVD (*Physical Vapor Deposition*) dan CVD (*Chemical Vapor Deposition*). Proses PVD sendiri terbagi lagi menjadi tiga macam yaitu thermal evaporation, PLD (*Pulsed Laser Deposition*) dan sputtering. Lebih spesifik lagi metode sputtering dibagi menjadi tiga metode diantaranya DC Sputtering, DC Magnetron Sputtering dan RF Sputtering. Suatu permukaan bahan padat ketika ditembak oleh partikel-partikel berenergi tinggi, maka atom-atom pada permukaan bahan memperoleh energi yang cukup untuk melepaskan diri dan terhambur dari permukaannya inilah yang disebut proses sputtering [2]. Keunggulan metode sputtering dibandingkan dengan metode yang lain adalah proses lebih cepat dan bersih karena proses dilakukan di ruang vakum, dapat menghasilkan lapisan tipis dari

bahan yang mempunyai titik leleh tinggi, hampir semua bahan padat seperti logam, logam paduan dan keramik dapat ditumbuhkan, mempunyai daya lekat yang lebih kuat sehingga dapat memperpanjang umur pemakaian komponen yang dibuat dan ketebalan lapisan dapat dikontrol dengan tepat [3-5].

Beberapa jenis senyawa yang dapat ditumbuhkan melalui metode sputtering antara lain TiO_2 , TiN dan masih banyak senyawa lain. Masing-masing senyawa tersebut memiliki karakteristik yang berbeda pula. Satu diantaranya adalah titanium nitrida (TiN), TiN merupakan suatu senyawa yang bersifat keras dan sering digunakan untuk pelapisan pada suatu bahan untuk meningkatkan sifat keras bahan tersebut. Karena tidak beracun TiN juga digunakan untuk peralatan kedokteran seperti pisau bedah dan ortopedi. Penampilan dari senyawa ini yang berwarna keemasan juga dimanfaatkan sebagai pelapis bahan untuk tujuan dekorasi serta memiliki titik lebur 2950 C [6].

Dalam penelitian ini digunakan target titanium dan gas pencampurnya adalah nitrogen. Jenis substrat yang dipakai adalah stainless steel 316. Pada proses sputtering akan dilakukan variasi waktu serta perbandingan gas argon dan nitrogen dimana parameter lain seperti arus, tegangan, tekanan, dan temperatur dibuat tetap. Dengan teknologi sputtering ini diharapkan umur pakai Stainless Steel 316 dapat lebih lama dibandingkan stainless steel tanpa pelapisan permukaan dengan melihat peningkatan nilai kekerasan dan ketahanan korosi.

TATA KERJA

Tahapan dalam penelitian ini meliputi :

1. Preparasi spesimen

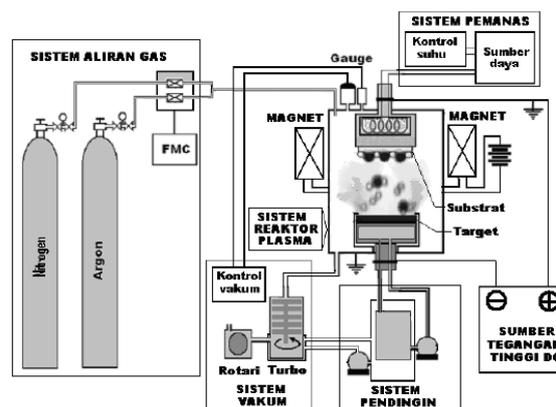
Spesimen stainless steel 316 dipotong silinder dengan ukuran diameter 14 mm dan tebal 5 mm menggunakan gergaji potong serta mesin bubut. Preparasi spesimen diawali dengan proses penghalusan menggunakan kertas amplas ukuran 100-2000 mesh, yang dilanjutkan dengan proses pemolesan dengan cara menggosok spesimen di atas kain beludru yang telah dibubuhi autosol/alumina/pasta intan dan ditetesi air. Proses selanjutnya, spesimen dicuci menggunakan air dan detergen agar spesimen bebas dari pengotor, dilanjutkan mencuci spesimen dengan alkohol dengan cara dimasukkan di dalam gelas yang telah diisi dengan alkohol kemudian dimasukkan ke dalam ultrasonic cleaner yang telah diisi air. Alat ultrasonic cleaner dihidupkan selama ± 30 menit dan setelah selesai spesimen dikeringkan dengan menggunakan hair dryer. Spesimen yang sudah kering dimasukkan ke dalam tabung reaktor dan selanjutnya dilakukan proses sputtering.

2. Proses deposisi lapisan tipis

Proses sputtering dilakukan menggunakan mesin DC Sputtering milik PSTA Yogyakarta. Skema peralatan plasma DC Sputtering ditunjukkan pada Gambar 1.

Spesimen dipasang pada anoda dan target Ti dipasang pada katoda di dalam tabung reaktor, lalu

tabung dihampakan dengan sistem vakum difusi dan rotari, selanjutnya sistem pemanas dan sistem pengontrol aliran gas diatur sesuai parameter yang dikehendaki, kemudian catu daya tegangan tinggi DC dihidupkan sampai gas terionisasi dan membombardir target (proses sputtering). Proses deposisi lapisan tipis titanium nitrida dilakukan secara bersamaan yaitu target Ti yang dibombardir dengan gas argon (Ar) sekaligus menambahkan gas nitrogen (N_2) sewaktu proses deposisi. Pada penelitian ini dilakukan variasi parameter waktu proses deposisi (30, 60, 90, 120, 150 menit) dan perbandingan gas Ar/ N_2 (50:50, 60:40, 70:30, 80:20 dan 90:10). Sedangkan parameter kerja lain seperti jarak elektroda, tegangan, arus dan tekanan dibuat tetap.



Gambar 1. Skema peralatan plasma DC sputtering[7]

3. Karakterisasi dan analisis hasil proses deposisi

a. Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan pada penelitian ini menggunakan alat uji kekerasan Micro Vickers Hardness Tester MMT-X7 Matsuzawa dengan indenter berbentuk kerucut. Micro Vickers Hardness Tester digunakan untuk mengetahui kekerasan permukaan spesimen sebelum dan sesudah sputtering.

Dalam pelaksanaan uji kekerasan bahan yang akan diuji diletakkan pada pencekam, kemudian ditekan dengan indenter pada beban dan waktu tertentu, maka indenter tersebut akan meninggalkan jejak lalu jejak tersebut diukur panjang diagonalnya. Dari data beban terpasang dan luasan jejak tersebut dapat dihitung angka kekerasannya.

b. Pengujian korosi



Gambar 2. Alat uji korosi potensiostat milik BATAN

Pengujian dilakukan dengan meletakkan spesimen di anoda dimana luas permukaan yang nantinya terkorosi adalah 1 cm^2 . Setelah terpasang kemudian medium NaCl 0,5 % dimasukkan ke dalam tabung reaksi untuk selanjutnya dilakukan proses korosi. Proses korosi dilakukan otomatis menggunakan alat sehingga hasil berupa kurva tafel langsung muncul di komputer. Proses pengujian untuk setiap bahan dilakukan selama 15 menit. Setelah proses selesai kemudian bahan diambil dan diganti dengan bahan yang lain serta larutan NaCl bekas tadi dibuang dan diganti dengan larutan yang baru. Alat potensiostat yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 2.

c. Penentuan jenis senyawa yang terbentuk

Untuk mengetahui jenis senyawa yang terbentuk di permukaan spesimen dilakukan analisis menggunakan XRD. Analisis dilakukan di laboratorium MIPA UNY menggunakan alat difraktometer rigaku miniflex 600. Sumber yang digunakan adalah Cu k-alpha radiation dengan panjang gelombang 1.540 \AA .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Kekerasan

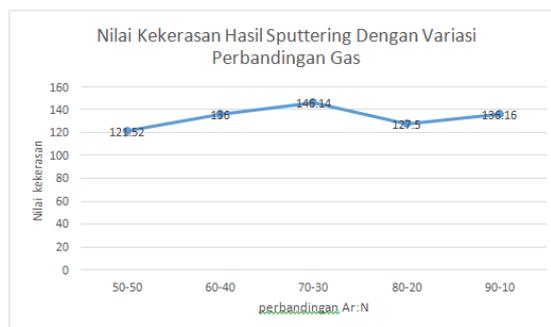
Pengujian kekerasan dilakukan di laboratorium milik gedung fisika partikel Pusat Sains Teknologi Akselerator (PSTA) dengan menggunakan alat uji kekerasan micro vickers. Pengujian vickers dapat dilakukan jika bahan yang diuji telah melewati tahap preparasi terlebih dahulu, hal ini dikarenakan alat uji ini akan memberikan jejak indentasi terhadap benda uji sehingga membutuhkan permukaan benda yang rata agar bekas tersebut dapat terlihat jelas. Pengujian kekerasan dilakukan dengan memberikan beban 10 gf terhadap stainless steel 316 baik sebelum maupun sesudah proses sputtering. Proses pengujian ini dilakukan dengan waktu 10 detik untuk setiap indentasi. Pengujian dilakukan dengan indentasi beberapa titik pada spesimen sehingga diperoleh data yang diharapkan dapat mewakili untuk sebaran lapisan tipis maupun kekerasan raw material. Hasil pengujian kekerasan yang dilakukan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Nilai kekerasan stainless steel 316 hasil proses sputtering dengan variasi waktu dan perbandingan gas Ar70:N30

Dari Gambar 3 dengan faktor koreksi sebesar 0,995[8] terlihat bahwa dengan proses sputtering TiN selama 90 menit memiliki tingkat kekerasan optimum dibandingkan dengan hasil sputtering yang lain. Menurut penelitian yang telah dilakukan Wirjoadi tahun 2010 dan

Tjipto Sujitno tahun 2002 semakin lama waktu sputtering nilai kekerasan akan meningkat disebabkan jumlah TiN yang tumbuh semakin banyak[9,10]. Hasil tersebut sesuai dengan hasil pengujian dimana nilai kekerasan meningkat pada 30 menit, 60 menit dan optimum di 90 menit. Namun nilai kekerasan mengalami penurunan setelah waktu optimum, hal ini dikarenakan saat hasil deposisi sudah mencapai kerapatan optimum maka yang terjadi adalah TiN hanya akan menumpuk satu sama lain sehingga nilai kekerasan yang dihasilkan menurun bila dibandingkan dengan TiN yang berikatan dengan substrat. Nilai kekerasan dengan variasi perbandingan gas ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Nilai kekerasan stainless steel 316 hasil proses sputtering untuk berbagai variasi perbandingan gas

Gambar 4 menunjukkan stainless steel 316 yang telah dilakukan proses sputtering memiliki kekerasan optimum bila perbandingan gas Argon dan Nitrogen yang digunakan adalah 70 : 30. Pencampuran gas argon dengan nitrogen dilakukan menggunakan alat flow meter Matheson 610A dimana aliran gas nitrogen 30% memiliki flow rate 55,8 ml/min dan aliran gas argon 70% memiliki flow rate 164 ml/min. Hal ini mungkin disebabkan paduan TiN yang terbentuk optimum di perbandingan tersebut. Apabila perbandingan gas nitrogen lebih banyak berarti banyak atom nitrogen yang akan menempel di substrat, sesuai dengan hasil penelitian Wirjoadi tahun 2009 bahwa semakin banyak dialirkan gas nitrogen semakin turun nilai kekerasan yang didapat[11]. Apabila gas argon yang lebih banyak berarti atom Ti yang terpercik juga banyak namun tidak diimbangi dengan jumlah nitrogen yang setara sehingga suatu saat atom nitrogen akan habis dan hanya Ti saja yang akan menempel di substrat[10].

Pengujian Korosi

Pengujian korosi dilakukan di Laboratorium Kimia milik BATAN menggunakan alat uji korosi dengan tipe potensiostat PGS-201T. Untuk mengukur besarnya arus korosi (I korr) bahan dilakukan di dalam larutan yang disimulasikan mirip dengan air laut. Larutan atau medium yang digunakan dalam proses pengujian ini ialah larutan NaCl 0,5%. Pengujian dilakukan selama 15 menit untuk setiap sampelnya, serta dilakukan penggantian larutan NaCl untuk setiap sampel yang diuji. Laju korosi yang telah dihitung seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Dari Tabel 1 terlihat bahwa tingkat korosi pada raw material sebesar 177,48 μA sedangkan ketahanan korosi pada bahan dengan perlakuan sputtering 30 menit adalah 53,90 μA dan perbandingan gas Ar70 : N30. Hal yang mempengaruhi raw material memiliki tingkat korosi paling tinggi adalah dikarenakan permukaan raw material langsung bersentuhan dengan larutan sehingga memudahkan untuk terjadinya reaksi oksidasi terhadap bahan.

Tabel 1. Hasil uji korosi proses sputtering variasi waktu

Perlakuan	Arus Korosi	Laju Korosi
Raw Material	177,48 μA	0,89 mpy
Sputtering 30	53,90 μA	0,27 mpy
Sputtering 60	67,38 μA	0,34 mpy
Sputtering 90	80,14 μA	0,40 mpy
Sputtering 120	100,02 μA	0,50 mpy
Sputtering 150	75,12 μA	0,38 mpy

Peningkatan laju korosi menurut Tabel 1 seiring dengan ketebalan lapisan yang meningkat seperti penelitian milik Yunanto juga menunjukkan hasil yang sama. Hal ini disebabkan semakin lama waktu deposisi akan membuat TiN semakin tumbuh di permukaan substrat namun dengan bertambahnya lapisan akan disertai pembentukan pori-pori dimana pori-pori ini dapat mempengaruhi resapan larutan elektrolit menuju substrat sehingga laju korosi naik[12]. Hasil uji korosi dengan parameter perbandingan gas argon dan nitrogen ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji korosi sputtering dengan parameter perbandingan gas

Label Contoh	Arus Korosi	Laju Korosi
Ar 50 : N 50	24,11 μA	0,12 mpy
Ar 60 : N 40	107,37 μA	0,54 mpy
Ar 70 : N 30	80,14 μA	0,40 mpy
Ar 80 : N 20	67,32 μA	0,34 mpy
Ar 90 : N 10	31,30 μA	0,16 mpy

Hasil uji korosi dengan perbandingan gas menunjukkan bahwa dengan persentase 50 : 50 setiap gasnya dapat memberikan ketahanan korosi 700% dari raw material. Nilai laju korosi meningkat apabila jumlah gas nitrogen yang dialirkan juga banyak. Laju korosi meningkat apabila lapisan tipis yang berfungsi sebagai pelindung berkurang [13] karena pada temperatur tinggi akan terbentuk senyawa yang menyebabkan kandungan unsur Cr seharusnya membentuk lapisan pasif jumlahnya berkurang dan membentuk ikatan dengan unsur N.

Tabel 3. Kategori standar laju korosi[14]

Kategori	Laju Korosi				
	mpy	mm/year	$\mu\text{m}/\text{yr}$	nm/yr	pm/sec
Outstanding	< 1	< 0.02	< 25	< 2	< 1
Excellent	1 - 5	0.02 - 0.1	25 -	2 - 10	1 - 5
			100		
Good	5 - 20	0.1 - 0.5	100 -	50	5 - 20
			500		
Fair	20 - 50	0.5 - 1	500 -	100	20 - 50
			1000		
Poor	50 - 200	1 - 5	1000 -	150 -	50 - 200
			5000		
Unacceptable	200+	5+	5000+	500+	200+

Dengan bertambahnya komposisi nitrogen dalam chamber berarti semakin besar peluang terjadinya sensitisasi pada baja tahan karat.

Hasil korosi yang didapatkan jika dibandingkan dengan tabel korosi standar memenuhi kategori outstanding. Kategori ini untuk bahan yang memiliki nilai laju korosi dibawah 1 mpy. Tabel standar yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 3.

Pengujian XRD

Pengujian XRD dilakukan untuk mengetahui fasa senyawa yang terbentuk pada permukaan bahan. Analisa XRD dilakukan dengan aplikasi Match 3 yang menggunakan database dari Crystallography Open Database (COD). Dengan mencocokkan tiga strongest line akan didapatkan puncak fasa TiN, data hasil XRD ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

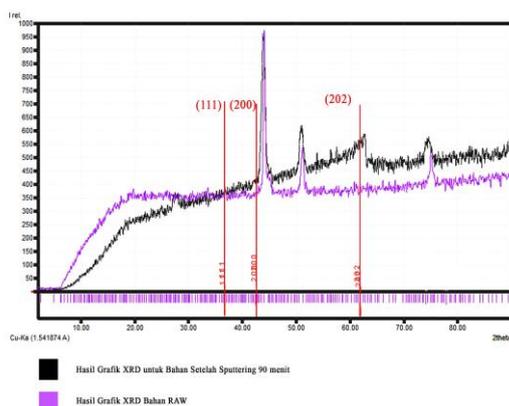
Tabel 4. Hasil uji XRD raw material

No.	2 θ	d	Height	FWHM	Intensity
1	44.03	2.0549	2534	0.35	1270
2	51.20	1.7828	677	0.52	421
3	75.00	1.2653	551	0.35	363

Tabel 5. Hasil uji XRD sputtering 90 menit

No.	2 θ	d	Height	FWHM	Intensity
1	43.948	2.0586	1962	0.760	1710
2	51.08	1.7868	560	0.76	454

Data dari Tabel 4 dan Tabel 5 merupakan puncak dari fasa besi mengacu pada COD dengan entry number 96-901-4288. Nilai 2 θ untuk besi menurut database adalah 44,11, 51,35 dan 75,72. Puncak yang menunjukkan keberadaan fasa TiN di permukaan material adalah sesuai Gambar 5.



Gambar 5. Grafik hasil XRD untuk raw material dan bahan yang telah disputtering selama 90 menit

Gambar 5 menunjukkan hasil analisa puncak fasa TiN menggunakan aplikasi Match 3. Menurut Stefan Talu bahwa parameter kisi TiN adalah $4,24 \text{ \AA}$ dan hal ini sesuai dengan datasheet milik TiN dengan entry number 96-101-1100. Perbandingan data puncak TiN yang terbentuk antara hasil analisa aplikasi dan perhitungan ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan nilai 2θ hasil perhitungan dan grafik

Bidang	2θ Perhitungan	2θ Grafik	Intensitas
200	42,56	42,68	266
111	36,68	36,68	230
202	61,78	61,88	350

Nilai 2θ yang diperoleh pada Tabel 6 menunjukkan kemiripan antara 2θ dari perhitungan dan 2θ yang muncul di grafik. Hal ini berarti memang fasa TiN tumbuh di permukaan substrat walaupun intensitasnya kecil.

KESIMPULAN

- Lapisan tipis TiN telah ditumbuhkan pada substrat stainless steel 316 ditandai dengan munculnya puncak fasa TiN pada grafik XRD sputtering 90 menit dengan bidang 200, 111 serta 202.
- Kekerasan raw material sebesar 100 VHN dan kekerasan tertinggi sputtering pada 90 menit yaitu 145 VHN.
- Laju korosi raw material sebesar 0,89 mpy dan laju korosi terendah sebesar 0,12 mpy yang dicapai pada kondisi optimum.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Drs. BA. Tjipto Sujitno, MT, Bapak Ir. Suprpto dan Bpk. Sayono, ST yang ikut membantu dan diskusi dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ELANGO, "A review paper on methods of improvement of wear, corrosion and hardness properties of austenitic stainless steel 316", International Journal of Engineering Research and Reviews: India, 2014.
- BRADY COMPANY, "Coatings technology handbook", Third Edition, 2006.
- ANASTASIA, IMA, "Pengaruh lapisan tipis SnO2 menggunakan DC sputtering dan karakterisasinya", Yogyakarta, 2012.
- SUJITNO, TJIPTO, "Teori sputtering", Pelatihan Teknologi Plasma Sputtering, PSTA-BATAN, Yogyakarta, pp. 5–17, 2014.
- S. WIDODO, "Teknologi pendeposisian film tipis metal dengan metode DC-sputtering", Seminar Nasional Fisika, 2012.
- STEFAN TALU, dkk., "Surface morphology of titanium nitride thin films synthesized by DC reactive magnetron sputtering", Wroclaw University Of Technology: Poland, 2015.
- SISWANTO, BAMBANG, "Analisis sifat mekanik lapisan tipis nitrida titanium pada camshaft hasil teknik plasma sputtering", Prosiding PPI PDIPTN, PTAPB BATAN, Yogyakarta, pp. 110–114, 2011.
- ISO 6507-1, "Metallic Materials Vickers Hardness Test" Switzerland, 2005.
- WIRJOADI, dkk., "Pengaruh suhu deposisi lapisan tipis TiN terhadap sifat mekanik metal hasil plasma sputtering", Prosiding PPI-PDIPTN, Yogyakarta, 2010.
- SUJITNO, TJIPTO, dkk., "Optimasi parameter proses sputtering pada deposisi lapisan tipis TiN pada bahan Aluminium" Prosiding PPI-PDIPTN, Yogyakarta, 2002.
- WIRJOADI, dkk., "Analisis sifat mikro lapisan tipis TiN pada substrat Al hasil plasma sputtering", Prosiding PPI - PDIPTN, Yogyakarta, 2009.
- YUNANTO, dkk., "Deposisi lapisan tipis AlZn untuk pelindung Fe bentuk as terhadap korosi cairan garam," Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan:Yogyakarta, 2002.
- BERNARDUS BANDRIYANA, "Ketahanan korosi baja anti karat pada operasi suhu tinggi", INASEA, Vol. 5 No. 2: 117-126, 2004.
- AFANDI, YUDAHA KURNIAWAN, dkk, "Analisa laju korosi pada pelat baja karbon dengan variasi ketebalan coating", Jurnal Teknik ITS Vol.4:Surabaya, 2015.

TANYA JAWAB

Dielsa EK

Apa perbedaan dari DC Sputtering dengan Spin Coating?

Wiwien A

Dibandingkan dengan teknik sputtering, teknik spin coating tergolong lebih sederhana, mudah dalam

pengoperasiannya dan biaya relatif murah. Selain itu juga dihasilkan film yang bersifat transparan dan homogen.