

# Pengaruh Lapisan Ni-Cr Pada Baja Aisi 4140 Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Dengan Plasma *Sputtering*

Nota Ali Sukarno<sup>1</sup>, Abdul Azis<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Perwira Purbalingga, Jawa Tengah, Indonesia  
e-mail : notalisukarno@unperba.ac.id<sup>1</sup>, abdulazis@unperba.ac.id<sup>2</sup>

## ABSTRAK

Baja AISI 4140 banyak digunakan pada industry permesinan ataupun banyak digunakan pada komponen otomotif. Pada penelitian ini dilakukan uji kekerasan dan uji struktur mikro dari baja AISI 4140 dengan pelapisan Ni-Cr dan dilakukan kekerasan dan stuktur mikro dari baja AISI 4140. Teknik *sputtering* dilakukan dengan deposisi waktu 60, 90 dan 150 menit. Dari hasil pengujian tersebut, pada pengujian kekerasan dengan waktu 60 menit kekerasannya 137,84 HVN, 90 menit 163,96 HVN dan 150 menit kekerasannya menurun menjadi 161,7 HVN. Ini disebabkan karena laju deposisi terlalu besar tetapi difusi dan reaksi atom nitrogen (N) dengan substrat (unsur komposisi lain) tidak dapat mengikuti maka dimungkinkan akan terjadi penumpukan atom nitrogen pada permukaan, sehingga menyebabkan kekerasan permukaan tidak naik melainkan akan turun. Untuk pengujian SEM/EDX dapat membuktikan bahwa lapisan Ni-Cr dapat terlihat dengan terang dibandingkan dengan substrat baja AISI 4140 yang cenderung gelap warnanya.

**Kata Kunci** : *sputtering*, baja aisi 4140, kekerasan, struktur mikro

## 1. PENDAHULUAN

Baja AISI 4140 banyak digunakan pada industri permesinan maupun industri perminyakan maupun otomotif [1]. Sebagai komponennya, sebagian besar komponen tersebut mengalami kegagalan mekanis dan kerusakan yang diakibatkan kelelahan dalam bekerja [2]. Selain digunakan pada industri permesinan dan perminyakan, baja AISI 4140 juga digunakan pada komponen otomotif, yang fungsinya sebagai penerus daya, seperti piston, poros, gear [3].

Komposisi kimia pada baja AISI 4140 yang merupakan baja paduan menengah, adalah C (0.38- 0.43 %), Mn (0.75-1.00 %), Si (0.20-0.35 %), Cr (0.80-1.10 %), Mo (0.15-0.25 %), P ( $\leq 0.035$  %) dan S ( $\leq 0.04$  %). Pada bahan baku poros dan gear yaitu paduan Cr dan Mo adalah bahan tahan karat pada sifat paduan tersebut. Bahan baja ini tergolong pada baja hypotectoid dengan kandungan karbon 0.38-0.43 % [4].

Peningkatan sifat mekanik sangat perlu dilakukan untuk mengatasi kegagalan mekanis, satu diantaranya adalah dengan pelapisan permukaan dari material baja AISI 4140 [2]. Plasma *sputtering* adalah satu diantara

teknik pelapisan permukaan untuk meningkatkan kekerasan suatu material [5].

Pada tekanan atmosfer, diruang antara elektroda yang berisi udara bebas, plasma lucutan pijar dibangkitkan. Untuk menghasilkan terjadinya ionisasi berantai adalah merupakan tahapan pertama untuk terjadinya ionisasi. Radiasi sinar kosmis dari ionisasi gas adalah electron pertama, karena beda potensial antara dua elektroda yang dipercepat. Jika beda potensial tidak ada maka secara elektrik molekul gas menjadi netral [6].

### 1.1. Plasma *sputtering*

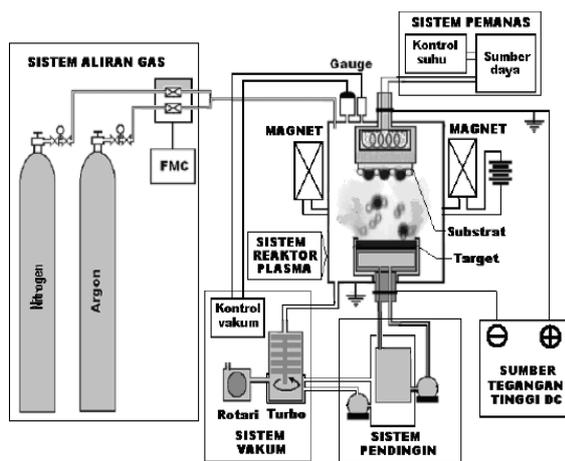
Plasma *sputtering* merupakan teknologi deposisi dengan pemanfaatan tumbukan energy tinggi dari ion-ion dan permukaan dari target. Dari tumbukan ini, ikatan atom-atom target akan terlepas menuju substrat selama proses tumbukan yang diakibatkan oleh adanya transfer momentum. *Sputtering* DC dan RF merupakan arus yang digunakan secara umum pada Plasma *Sputtering*. Arus searah digunakan pada *Sputtering* DC berperan sebagai penumbuk target satu ion dan hanya satu elektroda yang terdeposisi. Gas yang diionisasikan dengan frekuensi radio (RF) didefinisikan sebagai plasma [7]. 2 sampai 30 eV merupakan energi dari atom-

atom *sputtering* yang menumbuk permukaan substrat dalam pendeposisiannya, yang menyebabkan proses difusi atom-atom ke dalam substrat cenderung berjalan cukup mudah karena proses saling campur [8].

Variabel disposisi yang digunakan sangat mempengaruhi mekanisme penumbuhan lapisan tipis pada substrat. Temperature struktur, tekanan reactor dan *deposition rate* adalah beberapa yang bias ditinjau dari variable deposisi. Ketidakmurnian lapisan akan meningkat jika meningkatnya tekanan yang digunakan [9].

### 1.2. Proses deposisi lapisan tipis

Pada teknik plasma *sputtering* mempunyai keunggulan dibandingkan dengan teknik pelapisan lain, dikarenakan tidak harus dipanaskannya bahan yang akan dideposisikan sampai pada titik leleh bahan tersebut. Bahan-bahan yang mempunyai titik leleh tinggi sangat baik digunakan pada teknik *sputtering* ini dan juga lebih kuat daya rekatnya, dikarenakan atom-atom dapat lebih dalam masuknya di permukaan substrat sehingga semakin lama umur pemakaiannya [10].



Gambar 1. Skema peralatan plasma DC *sputtering* [11]

Berdasarkan permasalahan yang dihadapi yaitu sifat mekanik dari bahan logam terutama baja AISI 4140, maka permasalahan ini bagaimana mendeposisikan lapisan tipis Ni-Cr pada baja AISI 4140 dengan teknik plasma *sputtering* untuk mengetahui tingkat kekerasan substrat yang telah dilapisi Ni-Cr sebelum dan sesudah dilakukan *treatment*.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan lapisan Ni-Cr di permukaan dari baja AISI 4140, menganalisa sifat mekanik dan strukturmikronya dari pengaruh variasi waktu lapisan Ni-Cr.

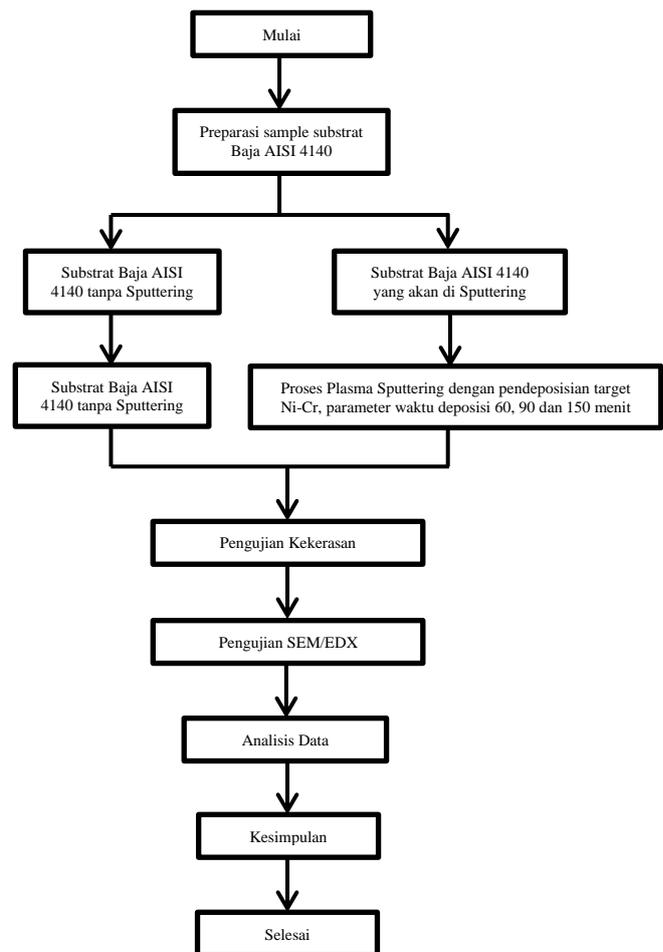
Sedangkan untuk manfaat dari penelitian ini adalah menambah pengetahuan tentang perlakuan permukaan,

proses pelapisan dengan lapisan tipis Ni-Cr pada permukaan baja AISI 4140 dengan *plasma sputtering*, mengetahui sifat mekanik dan strukturmikr sebelum dan setelah permukaan baja AISI 4140 dilapisi Ni-Cr serta sebagai referensi pembelajaran berikutnya.

## 2. BAHAN DAN METODE

Metode penelitian yang dilakukan adalah metode eksperimen. Penelitian preparasi pada baja AISI 4140 untuk substrat logam induk yang terdiri dari pemotongan (*cutting*), pengamplasan (*grinding*), pemolesan (*polishing*), kemudian dilakukan proses pelapisan *sputtering*, dan pengambilan data dari hasil pengujian. Pengambilan data hasil pengujian dilakukan pada substrat logam induk, substrat lapisan *sputtering*, substrat lapisan *sputtering* dengan perlakuan pemanasan yang meliputi uji kekerasan dan uji foto mikro permukaan,

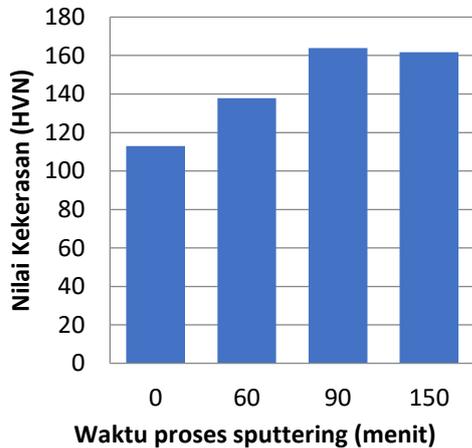
Pada penelitian ini dikerjakan sebagaimana dijelaskan pada diagram alir penelitian di bawah ini :



### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pengujian Kekerasan

Dari pengujian kekerasan dengan menggunakan uji kekerasan Vickers dengan specimen Baja AISI 4140 metode *Sputtering*, untuk mengetahui kekerasan permukaannya, sebelum dan sesudah pelapisan permukaan dapat dilihat pada gambar berikut :



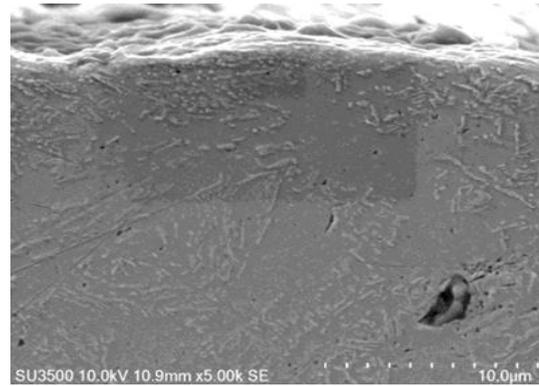
Gambar 2. Nilai kekerasan baja AISI 4140 pada lapisan tipis hasil Ni-CrN

Dari hasil uji kekerasan, substrat lapisan Ni-Cr dengan waktu deposisi 60 menit 137,84 HVN, waktu deposisi 90 menit kekerasannya menjadi 163,96 HVN, kenaikan 21,3 %, sedangkan waktu deposisi 150 menjadi 161,7 HVN, nilai kekerasannya turun 21 %.

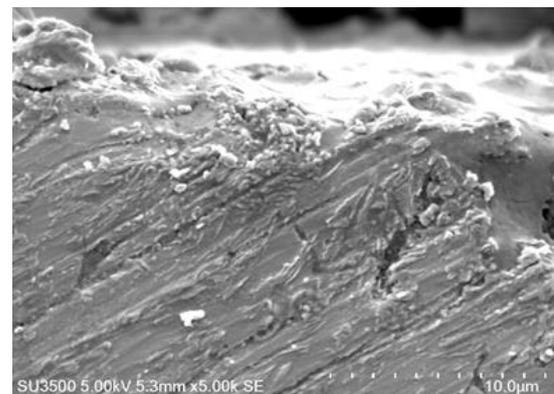
Pada waktu tersebut laju deposisi terlalu besar tetapi difusi dan reaksi atom nitrogen (N) dengan substrat (unsur komposisi lain) tidak dapat mengikuti maka dimungkinkan akan terjadi penumpukan atom nitrogen pada permukaan, sehingga menyebabkan kekerasan permukaan tidak naik melainkan akan turun.

#### 3.2. Hasil Pengujian Pengujian SEM/EDX

Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan EDS (*Energy Dispersive X-Ray*) pada penelitian yang dilakukan bertujuan untuk melihat perbedaan struktur permukaan substrat logam induk, permukaan substrat lapisan NiCr pada baja AISI 4140, dan permukaan substrat lapisan *sputtering* setelah dilakukan proses perlakuan panas. Foto mikro permukaan dilihat dari mikroskop logam pada alat uji kekerasan dengan perbesaraan 5000x. Berikut adalah hasil dari pengujian foto struktur mikro :

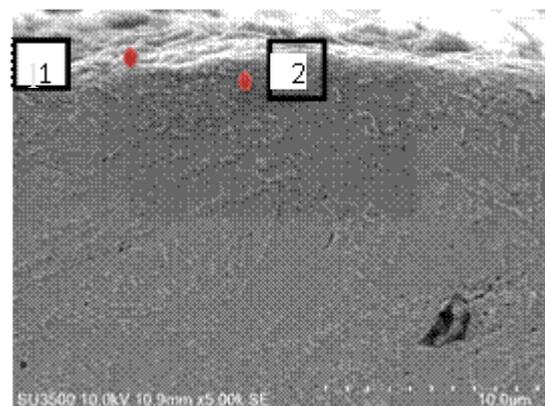


Gambar 3. Hasil pengujian SEM dengan pembesaran 5000x dengan waktu deposisi 60 menit.



Gambar 4. Pengujian SEM dengan pembesaran 5000x dengan waktu deposisi 150 menit

Pada gambar 3 dan 4, adalah hasil pengujian SEM pada specimen baja AISI 4140 dengan lapisan tipis Ni-Cr dengan teknik *sputtering*, waktu 60 menit dan 150 menit, menunjukkan perbedaan warna pada permukaan specimen baja AISI 4140. Perbedaan warna tersebut terlihat dari lapisan Ni-Cr yang berwarna cenderung lebih terang dan specimen baja AISI 4140 yang cenderung lebih gelap.



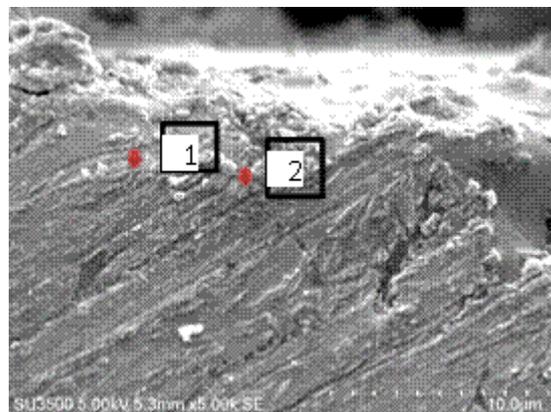
Gambar 5. Hasil pengujian EDX di titik 1 dan 2 dengan pembesaran 5000x dengan waktu deposisi 60 menit.

Tabel 1. Unsur komposisi kimia Mikrograf SEM-EDX substrat baja AISI 4140 hasil sputtering waktu deposisi 60 menit, pada titik 1

Element	Weight %	Atomic %	Error %	Net Int.	K Ratio	Z	R	A	F
C K	29,92	66,45	9,5	431,41	0,1198	1,2207	0,8889	0,3282	1
Cr K	2,94	1,51	9,64	47,65	0,0375	0,8949	1,0249	1,0018	1,42
Fe K	65,7	31,39	3,83	517,55	0,6013	0,8879	1,03	1,0021	1,0287
Ni K	1,44	0,65	24,63	7,24	0,0129	0,8932	1,0312	0,9633	1,0406

Tabel 2. Unsur komposisi kimia Mikrograf SEM-EDX substrat baja AISI 4140 hasil sputtering waktu deposisi 60 menit, pada titik 2

Element	Weight %	Atomic %	Error %	Net Int.	K Ratio	Z	R	A	F
C K	13,93	42,93	10,55	318,81	0,0502	1,2898	0,8615	0,28	1
Fe K	86,07	57,07	3,58	1268,42	0,8356	0,9449	1,0148	1,002	1,03



Gambar 6. Hasil pengujian EDX di titik 1 dan 2 dengan pembesaran 5000x dengan waktu deposisi 150 menit.

Tabel 3. Unsur komposisi kimia Mikrograf SEM-EDX substrat baja AISI 4140 hasil sputtering waktu deposisi 150 menit, pada titik 1

Element	Weight %	Atomic %	Error %	Net Int.	K Ratio	Z	R	A	F
C K	23,94	41,77	8,53	537,24	0,1079	1,1475	0,9282	0,3929	1
O K	30	39,28	10,24	570,71	0,0746	1,0954	0,951	0,227	1
Cl K	0,86	0,51	15,37	40,08	0,0077	0,921	1,0191	0,9389	1,0348
Ca K	2,51	1,31	9,17	81,13	0,0255	0,9312	1,034	0,9929	1,1015
Ti K	17,97	7,86	4,03	429,87	0,161	0,8425	1,0417	1,0001	1,0636
Cr K	0,31	0,13	59,86	5,24	0,0029	0,8318	1,047	0,9819	1,126
Fe K	23,49	8,81	5,2	247	0,1998	0,8236	1,049	0,9941	1,039
Ni K	0,93	0,33	59,07	6,44	0,008	0,8266	1,0464	0,9838	1,0553

Tabel 4. Unsur komposisi kimia Mikrograf SEM-EDX substrat baja AISI 4140 hasil sputtering pada waktu deposisi 150 menit, uji EDX diambil pada titik 2

Element	Weight %	Atomic %	Error %	Net Int.	K Ratio	Z	R	A	F
C K	6,86	25,28	11,27	144,81	0,0226	1,3216	0,8501	0,2489	1
F K	0,61	1,43	16,92	56,15	0,0048	1,1757	0,8861	0,6659	1
Fe K	92,52	73,29	3,12	1467,36	0,9216	0,9708	1,008	1,0014	1,0246

Pada titik 1 pada pengujian EDX (*Energy Dispersive X-Ray*) dengan waktu deposisi 60 menit, adanya unsur C, Cr, Fe dan Ni yang cenderung lebih terang, memiliki berat 29,92%; 2,94%; 65,7%; 1,44%, dan memiliki atomik sebesar 66,45%; 1,51%; 31,39%; 0,65%. Sedangkan pada titik 2 yang lebih gelap, ada unsur Fe dan C dengan berat 86,07%; 13,93% serta atomik 42,93% dan 57,07%. Dari hasil tersebut warna cenderung terang menunjukkan lapisan Ni-Cr karena adanya unsur Ni dan Cr dengan berat 1,44% dan 2,94%. Sedangkan warna yang lebih gelap menunjukkan spesimen baja AISI 4140 dengan unsur Fe dan C, dengan berat 86,07% dan 13,93% .

Untuk waktu deposisi 150 menit pada pengujian EDX (*Energy Dispersive X-Ray*), adanya unsur C, O, Cl, Ca, Ti, Cr, Fe dan Ni yang cenderung lebih terang, memiliki berat 23,94%; 30%; 0,86%; 2,51%; 17,97%; 0,31%; 23,49%; 0,93%, dan memiliki atomik sebesar 41,77%; 39,28%; 0,51%; 1,31%; 7,86%; 0,14%; 8,81%; 0,33%. Sedangkan pada titik 2 yang lebih gelap, ada unsur Fe, F dan C dengan berat 6,86%; 92,52%; 0,61% serta atomik 25,28%; 73,29% dan 1,43%. Dari hasil tersebut warna cenderung terang menunjukkan lapisan Ni-Cr karena adanya unsur Ni dan Cr dengan berat 0,93% dan 0,31%. Sedangkan warna yang lebih gelap menunjukkan spesimen baja AISI 4140 dengan unsur Fe dan C, dengan berat 92,52% dan 6,85%. Lapisan tipis hasil *sputtering* sangat dipengaruhi oleh Ni [12].

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan lapisan Ni-Cr pada substrat baja AISI 4140 dengan *sputtering*, dapat disimpulkan :

1. Pengujian kekerasan dengan uji kekerasan Vickers, dengan waktu deposisi 60 menit, nilai kekerasannya 137,84 HVN, pada 90 menit 163,96 HVN dan 150 menit menjadi 161,7 HVN, terjadi penurunan 21 %. Nilai tertinggi untuk kekerasannya pada waktu deposisi 90 menit, yaitu 163,96 HVN.
2. Pengujian SEM/EDX, dapat membuktikan bahwa lapisan Ni-Cr dapat terlihat dengan terang dibandingkan dengan substrat baja AISI 4140 yang cenderung gelap warnanya.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] U. M. Surakarta and N. A. Sukarno, "Analisis Sifat Kekerasan Baja Aisi 4140 Hasil Nitridasi Plasma Dengan Variasi Tekanan," *Anal. Sifat Kekerasan Baja Aisi 4140 Has. Nitridasi Plasma Dengan Variasi Tekanan*, 2018.
- [2] A. Medina, C. Aguilar, L. Béjar, J. Oseguera, A. Ruíz, and E. Huape, "Effects of post-discharge nitriding on the structural and corrosion properties of 4140 alloyed steel," *Surf. Coatings Technol.*, vol. 366, no. June 2018, pp. 248–254, 2019, doi: 10.1016/j.surfcoat.2019.03.043.
- [3] Ravianto and A. H. A. Rasyid, "Pengaruh Media Pendingin Proses Hot Turning Menggunakan Baja AISI 4140 terhadap Kekerasan dan Keakuratan Dimensi," *J. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 17–24, 2019.
- [4] S. Mahardika, "Analisa Rekayasa Sifat Mekanik Baja Aisi 4140 Dengan Variasi Suhu Tempering Untuk Meningkatkan Keuletan Dan Kekerasan Material," *J. Mekanova Mek. Inov. dan Teknol.*, vol. 6, no. 1, p. 64, 2020, doi: 10.35308/jmkn.v6i1.2306.
- [5] Widiatmo, T. W. B. Riyadi, and J. Sedyono, "Analisis Sifat Kekerasan Lapisan Tipis Ni-Cr pada Baja AISI 4140 Hasil Plasma Sputtering," 2018.
- [6] H. Setiadi, P. Studi, M. Teknik, S. Pascasarjana, and U. M. Surakarta, "ANALISIS STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK LAPISAN NiCr-Al YANG DIBENTUK DENGAN METODE SPUTTERING PADA BAJA ST 40," 2018.
- [7] S. D. ANUGRAH, "STUDI PENGARUH WAKTU DEPOSISI PADA SISTEM PLASMA SPUTTERING TERHADAP PEMBENTUKAN LAPISAN TIPIS KARBON DI ATAS SUBSTRAT KACA," pp. 1–14, 2017.
- [8] J. WARSITO, "PENGARUH SPUTTERING TiAlN TERHADAP KEKERASAN PAHAT KARBIDA TUNGSTEN," 2008.
- [9] R. Y. B. Safri, "Analisa Sifat Mekanik Material Baja Aisi 4140 Pada Perbedaan Temperatur Terhadap Perlakuan Panas Tempering Analysis of Mechanical Properties of Aisi 4140 Steel on," 2018.
- [10] Wirjoadi, Siswanto, Bambang, and Sudjatmoko, "Analisis sifat mikro lapisan tipis tin pada substrat al hasil plasma," *Pros. PPI - PDIPTN-BATAN Yogyakarta*, pp. 1–7, 2009.
- [11] W. Andriyanti, H. S. Prama, and D. Priyantoro, "Deposisi lapisan tipis titanium nitrida pada stainless steel 316 menggunakan metode dc sputtering," *Prosiding*, no. 0216–3128, 2017.
- [12] Z. G. Zhang *et al.*, "Influence of Ni content on the structure and properties of Cr-Ni-N coatings prepared by direct current magnetron sputtering," *Thin Solid Films*, vol. 517, no. 11, pp. 3304–3309, 2009, doi: 10.1016/j.tsf.2009.01.014.