

PERBANDINGAN PERFORMA KOMPONEN SENJATA RINGAN DENGAN LAPISAN MANGANESE PHOSPHATE DAN LAPISAN CrSi HASIL PROSES PHYSICAL VAPOR DEPOSITION (PVD)

THE PERFORMANCE COMPARISON OF FIREARMS COMPONENT WITH MANGANESE PHOSPHATE COATING AND CrSi COATING OF PHYSICAL VAPOR DEPOSITION (PVD) PROCESS

Asfari Azka Fadhilah¹, Yayat Ruyat², Maykel T.E. Manawan³

^{1,2,3}FAKULTAS TEKNOLOGI PERTAHANAN, UNIVERSITAS PERTAHANAN INDONESIA
azkaazh01@gmail.com¹; maykeltem@gmail.com³

Abstrak – Untuk meningkatkan umur pakai senjata ringan, salah satu proses yang digunakan adalah pelapisan pada komponennya. Saat ini proses pelapisan yang digunakan pada komponen senjata ringan adalah *manganese phosphate*. Seiring dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan akan peningkatan umur pakai senjata ringan, dibutuhkan metoda pelapisan lain untuk komponen senjata ringan. Dalam hal ini *physical vapor deposition* (PVD). Pada penelitian ini akan dibahas bagaimana performa komponen senjata ringan yang dilapisi mangan fosfat dibandingkan dengan komponen senjata ringan yang dilapisi CrSi dengan metode PVD. Metode yang digunakan untuk menganalisis adalah uji semprotan garam untuk mengetahui ketahanan korosinya, uji fungsi senjata, dan pengamatan dengan mikroskop optik untuk mengamati penampakan visualnya. Hasil pengamatan setelah uji semprotan garam selama 24 jam menunjukkan pada komponen senjata ringan PVD, lapisan CrSi yang terbentuk belum terkorosi dan hanya terdapat lapisan/bercak putih. Sedangkan, komponen senjata mangan fosfat mangan sudah terdapat korosi. Komponen senjata ringan yang dilapisi CrSi memiliki nilai *Rate of Fire* (RoF) yang lebih tinggi pada kondisi tanpa oli maupun dengan oli, bila dibandingkan dengan komponen senjata ringan dengan lapisan mangan fosfat. Tetapi, hasil pengamatan setelah uji fungsi senjata menunjukkan lapisan CrSi belum mampu menahan gesekan yang terjadi pada saat proses penembakan, dimana lapisan sudah hilang pada beberapa bagian. Penelitian ini menunjukkan bahwa lapisan CrSi memberikan peningkatan performa komponen senjata ringan, sehingga mampu meningkatkan umur pakai senjata ringan. Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan kajian yang berhubungan dengan ikatan pada lapisan hasil PVD.

Kata Kunci: komponen senjata ringan, *manganese phosphate*, Pelapisan, *physical vapor deposition*.

Abstract – To increase the service life of firearms, one of the processes used is coating on the components. Currently, the coating process used in the components of firearms is *manganese phosphate*. Along with technological developments and the need for an increase in the service life of firearms, another coating method is needed. In this case *physical vapor deposition* (PVD). This research will discuss how the performance of the firearm component coated with *manganese phosphate* compared to the firearm component coated with CrSi with the PVD method. The method used to analyze is the salt spray test to determine its corrosion resistance, weapon function tests, and observation with an optical microscope to observe its visual appearance. The results of observations after the salt spray test for 24 hours showed that in the PVD firearm component, the CrSi layer that had not been corroded and there was only a white layer. Meanwhile, the *manganese phosphate*

firearm component already has corrosion. Firearms components coated with CrSi have a higher Rate of Fire (RoF) value in conditions without oil or with oil, when compared to firearm components with manganese phosphate coating. However, the results of observations after the weapon function test showed that the CrSi layer was not able to withstand the friction that occurred during the firing process, where the coating had been lost in several parts. This study confirm that the CrSi coating provides an increase in the performance of firearm components, thereby increasing the service life of firearms. For further research, it is necessary to carry out a study related to the bonding of the PVD yield coating.

Keywords: Coating, firearm components, manganese phosphate, physical vapor deposition.

Pendahuluan

Senjata ringan termasuk ke dalam alat utama sistem senjata yang paling banyak digunakan dan diperlukan sebagai alat pertahanan diri oleh TNI maupun polisi sebagai pengguna, biasanya dapat berupa pistol maupun senapan ringan. Sehingga dibutuhkan umur pakai yang baik dari senjata ringan. Untuk meningkatkan umur pakai, salah satu proses yang digunakan adalah pelapisan komponen senjata ringan. Proses pelapisan (*coating*) yang bertujuan untuk melindungi komponen dari terjadinya korosi dan juga untuk tujuan estetika. Saat ini proses pelapisan yang digunakan pada komponen senjata ringan adalah *phosphating* dengan jenisnya yaitu *manganese phosphate*. *Phosphating* merupakan proses pelapisan dimana terjadi reaksi kimia antara logam substrat dan larutan asam fosfat yang mengandung ion logam (seng, besi atau mangan) sehingga membentuk lapisan

yang terdiri dari garam logam-fosfat kristalin yang tidak larut. Lapisan *manganese phosphate* memiliki sifat anti gesekan dan memberikan ketahanan korosi pada bagian yang dilapisi saat aplikasinya menggunakan oli (lubrikan).

Seiring dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan akan peningkatan umur pakai senjata ringan, dibutuhkan metoda pelapisan lain untuk komponen senjata ringan. Dalam hal ini *physical vapor deposition* (PVD). Proses PVD merupakan proses deposisi secara atomistik, dimana material diuapkan dari sumber padat atau cair dalam bentuk atom atau molekul dan dibawa dalam bentuk uap melalui sebuah ruang hampa atau lingkungan dengan gas yang bertekanan rendah (atau plasma) ke substrat, dimana proses kondensasi akan terjadi (Mattox, 2009). Salah satu keunggulan dari proses PVD adalah dapat mendepositkan lapisan tipis dengan ketebalan berkisar dari beberapa

nanometer hingga ribuan nanometer. Namun, proses PVD juga dapat digunakan untuk membentuk lapisan *multilayer*, endapan dengan komposisi bertingkat, endapan yang sangat tebal, dan struktur yang bebas (Mattox, 2009). Berbagai macam material yang berbeda dapat didepositkan dengan proses PVD seperti logam, semikonduktor, keramik, dan juga lapisan yang terdiri dari paduan dan senyawa yang dapat dibuat dengan proses ini (Schmitz, 2016).

Metode pelapisan *physical vapor deposition* (PVD) merupakan metode pelapisan dilakukan untuk mendapatkan peningkatan pada *properties* suatu bahan, seperti kekerasan yang tinggi, serta resistensi terhadap korosi dan cacat *wear* (Hermastuti, 2017). Meskipun kekurangan dari proses ini adalah mekanisme prosesnya lebih rumit dan kompleks, serta biaya teknologinya yang termasuk tinggi, namun bila dibandingkan dengan teknologi pelapisan/perlakuan permukaan lainnya, teknologi *physical vapor deposition* (PVD) memiliki banyak keuntungan. Diantaranya adalah lapisan yang terbentuk sangat tipis (2-10 μm) sehingga tidak mengubah ukuran produk, dapat dilakukan berkali-kali karena tidak mengubah struktur substrat, dapat

menambah kehalusan permukaan sehingga mengurangi gaya gesek yang timbul selama proses, serta relatif tahan pada suhu tinggi (Bisono, 2017). Keunggulan lainnya yaitu material yang dijadikan sebagai lapisan dengan metode PVD memiliki karakteristik warna dan jenis yang beragam. Pemilihan material untuk lapisannya tergantung pada jenis material substrat, serta kebutuhan akan fungsi yang dihasilkan.

Pada penelitian ini, untuk pelapisan dengan metode PVD, material yang digunakan sebagai lapisan adalah CrSi. Material CrSi dipilih karena memiliki ketahanan korosi yang baik, dengan kekerasan yang tinggi, dan juga ketahanan terhadap gesekan yang baik. Serta karakteristik warna yang dihasilkan yaitu hitam.

Penelitian ini akan membahas bagaimana performa komponen senjata ringan yang dilapisi *manganese phosphate* dibandingkan dengan komponen senjata ringan yang dilapisi CrSi dengan metode PVD.

Metode Penelitian

Komponen senjata ringan *manganese phosphate* dan komponen senjata ringan yang dilapisi CrSi (PVD) diuji korosi dan uji fungsi senjata untuk menganalisis performanya. Komponen –

komponen yang dikaji diantaranya adalah pembawa penutup, penutup, dan pena pemukul. Uji korosi yang dilakukan adalah uji semprotan garam (*salt spray test*) selama 24 jam menggunakan larutan 5% NaCl, dan dilakukan pengamatan setelah pengujian selesai. Pengujian korosi mengacu pada standar ASTM B 117 (ASTM, 2011). Uji fungsi senjata dilakukan dalam kondisi kering (tanpa oli) dan dengan oli. Penembakan dilakukan dengan menggunakan senapan serbu. Lapisan CrSi setelah uji fungsi kemudian diamati secara makro (visual) dan dengan menggunakan mikroskop optik.

Hasil dan Pembahasan

Analisis Hasil Uji Korosi

Setelah dilakukan uji semprotan garam selama 24 jam, hasil pengamatan menunjukkan komponen senjata ringan *manganese phosphate* sudah terkorosi (Gambar 1).

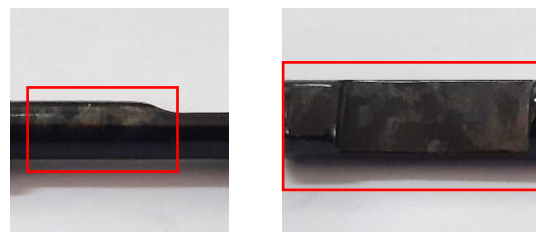


Gambar 1. Hasil Uji Korosi pada Komponen Senjata Ringan *Manganese Phosphate*
Sumber; Hasil Olahan Peneliti, 2021

Sedangkan untuk komponen senjata ringan yang dilapisi CrSi belum terkorosi,

tetapi sudah terdapat bercak putih pada lapisan (Gambar 2).

Komponen senjata ringan yang dilapisi CrSi memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dikarenakan perpaduan antara unsur Cr dan Si pada lapisan yang dimana memiliki ketahanan korosi yang lebih baik, bila dibandingkan komponen senjata ringan yang jenis fosfatnya merupakan Mangan. Dengan ketahanan korosi lapisan CrSi yang lebih baik, dapat mempengaruhi peningkatan umur pakai senjata. Keunggulan ini juga memungkinkan digunakannya metode PVD sebagai proses pelapisan untuk komponen senjata ringan yang penggunaannya bersifat amfibi.



Gambar 2. Hasil Uji Korosi pada Komponen Senjata Ringan PVD

Sumber; Hasil Olahan Peneliti, 2021

Analisis Hasil Uji Fungsi Senjata

Uji fungsi senjata yang dilakukan memfokuskan pengamatan apakah terjadi kemacetan selama proses penembakan, kondisi lapisan setelah uji fungsi, dan nilai *Rate of Fire* (RoF). Selama pengujian berlangsung, tidak terjadi malfungsi maupun kondisi dimana terjadi

kemacetan pada saat proses penembakan. Nilai RoF (*Rate of Fire*) dalam dua kondisi pengujian dari komponen yang dilapisi CrSi lebih tinggi jika dibandingkan dengan komponen *manganese phosphate* (Tabel 1). Dimana untuk komponen yang dilapisi CrSi, pada kondisi kering RoF nya adalah 807,9 butir/menit dan dalam kondisi dengan oli 845,8 butir/menit. Sedangkan untuk komponen *manganese phosphate* RoF nya adalah 796,1 butir/ menit dan dalam kondisi dengan oli 799,5 butir/menit.

Tabel 1. Hasil Uji Fungsi

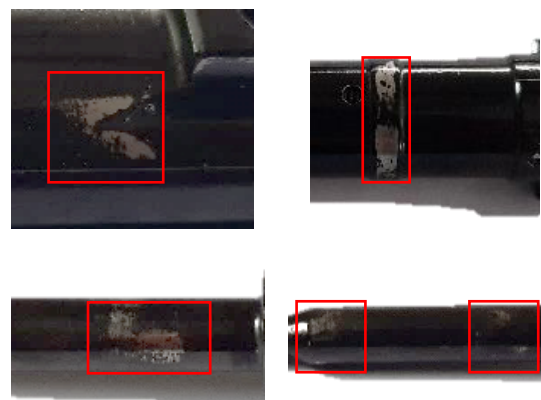
No.	Jenis	Kondisi	RoF (Butir/menit)
1	<i>Manganese phosphate</i>	Kering	796,1
		Oli	799,5
2	PVD	Kering	807,9
		Oli	845,8

Sumber; Hasil Olahan Peneliti, 2021

Adanya peningkatan yang cukup signifikan dari nilai RoF pada komponen yang dilapisi oleh CrSi, menunjukkan proses penembakan yang berlangsung lebih lancar. Hal tersebut dapat disebabkan karena lapisan CrSi yang terbentuk memiliki struktur yang licin (tidak kasar).

Dari pengamatan yang dilakukan setelah uji fungsi kondisi komponen dilubrikasi, lapisan CrSi hasil proses PVD

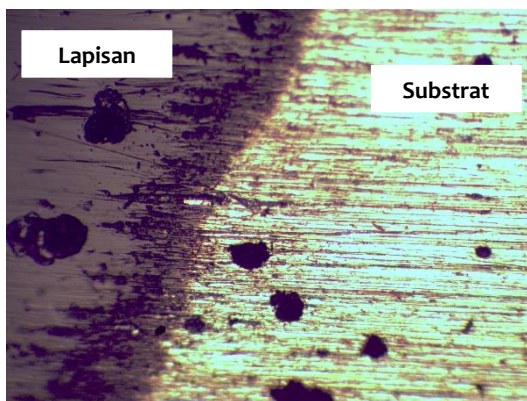
tidak mampu memberikan proteksi terhadap gesekan. Dapat dilihat pada Gambar 3, dibeberapa bagian dari komponen – komponen yang diuji, lapisan CrSi sudah hilang akibat gesekan yang terjadi selama proses penembakan. Lapisan CrSi yang sudah hilang pada beberapa bagian dapat disebabkan oleh gaya mekanik yang terjadi selama proses penembakan lebih besar dibandingkan gaya yang terdapat pada ikatan dari lapisan. Baik ikatan antar unsur pada lapisan, maupun ikatan antara lapisan dan juga material substrat.



Gambar 3. Visual pada Komponen Senjata Ringan PVD Setelah Uji Fungsi Senjata
Sumber; Hasil Olahan Peneliti, 2021

Daerah – daerah yang lapisannya sudah hilang akibat gesekan setelah proses penembakan kemudian diamati dengan mikroskop optik. Hasil pengamatan dapat dilihat pada Gambar 4. Bagian berwarna gelap menunjukkan masih terdapat lapisan CrSi. Sedangkan,

bagian berwarna terang menunjukkan material substrat, dimana lapisan CrSi sudah hilang akibat gesekan yang terjadi. Pada daerah substrat yang lapisannya sudah hilang, terdapat goresan – goresan yang teridentifikasi searah selama proses penembakan.



Gambar 4. Lapisan CrSi Setelah Uji Fungsi Diamati dengan Mikroskop Optik pada Perbesaran 200 X.

Sumber; Hasil Olahan Peneliti, 2021

Kesimpulan dan Rekomendasi

Komponen senjata ringan yang dilapisi CrSi memiliki ketahanan korosi yang lebih baik bila dibandingkan dengan komponen senjata ringan *manganese phosphat*. Adanya lapisan CrSi juga memberikan peningkatan nilai RoF, dimana hal ini dikarenakan lapisan CrSi yang terbentuk memiliki struktur yang licin (tidak kasar). Tetapi, lapisan CrSi yang dihasilkan belum mampu menahan gesekan yang terjadi selama proses penembakan. Sehingga pada beberapa bagian terdapat lapisan yang sudah hilang.

Pada penelitian selanjutnya, untuk lapisan hasil PVD perlu dilakukan kajian yang berhubungan dengan ikatan antar lapisan dan material substrat, maupun ikatan antar senyawa di dalam lapisan itu sendiri. Penelitian ini menunjukkan bahwa lapisan CrSi mampu meningkatkan umur pakai senjata ringan. Lapisan CrSi hasil proses PVD juga dapat menjadi pertimbangan untuk digunakan pada senjata ringan yang diperuntukkan tahan air maupun senjata yang digunakan dibawah air, karena memiliki ketahanan korosi yang baik.

Daftar Pustaka

- ASTM, S. P. (2011). B 0117 Operating Salt Spray (Fog) Apparatus. *Astm*, 1–12. <https://doi.org/10.1520/B0117-11.2>
- Bisono, R. S. (2017). Studi Banding Pelapisan Material Skd11 dengan Metode Physical Vapour Deposition dan Thermal Difusion pada Komponen Insert Dies Mesin Stamping Press. *Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana*, 6(1), 21–27.
- Hermastuti, R. (2017). Pengaruh Waktu Deposisi Dan Tekanan Gas (Pvd) Pada Lapisan Tipis Ag-Cu Untuk Aplikasi Sifat Antimicrobial Pada Orthopedic Device. *Teknik Industri*.
- Mattox, D. M. (2009). *Handbook of Physical Vapor Deposition (PVD) Processing, Second edition*. http://www.elsevier.com/wps/find/bookdescription.cws_home/717814/description#description
- Schmitz, T. (2016). *Functional coatings by*

physical vapor deposition (PVD) for biomedical applications. 153.
https://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/opus4-wuerzburg/frontdoor/deliver/index/docId/14482/file/Schmitz_Tobias_vapor_deposition.pdf