

PENGERASAN PERMUKAAN BAJA KARBON SEDANG DENGAN METODE *THERMAL SPRAY COATING*

Budi Yunus Prameswara^{1*}, Y. Yulianto Kristiawan², Moch. Chamim³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta, Surakarta, Indonesia

Email: budiprameswara@gmail.com

ABSTRAK

Thermal spray coating adalah metode pelapisan dalam bentuk cair, semi cair atau padat ke material inti dalam kondisi panas, salah satu metode pelapisan panas (*thermal coating*) yaitu *powder flame spray coating*. Proses ini dilakukan dengan menyemprotkan material pelapis dalam bentuk serbuk melalui nyala api (dari bahan bakar gas elpiji dan *Oxygen*) dengan panas melebihi suhu leleh material pelapis ke permukaan material yang dilapisi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisis dan sifat mekanik pada hasil pelapisan *thermal spray coating* pada baja karbon sedang. Variasi pemanasan awal (*pre-heating*) yaitu suhu 602°C, 712°C dan 828°C. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa spesimen menggunakan pemanasan awal (*pre-heating*) 602°C lebih tinggi kekerasannya dari ketiga variasi suhu yang diteliti. Terbukti bahwa, pada variasi suhu pemanasan awal 602°C nilai kekerasan yang dapat dicapai sebesar 994,2 HVN yang berada didaerah *coating* dan rerata sebesar 832,4 HVN. Perlakuan *thermal flame spray coating* berpengaruh terhadap peningkatan kekerasan pada material induk (S45C). Terbukti bahwa, dari 4 titik uji kekerasan di setiap spesimen variasi pada material induk (S45C) rata-rata kekerasan sebesar 667 HVN. *Thermal spray coating* berpengaruh pada ketebalan atau perbesaran diameter karena diakibatkan pada penambahan lapisan.

Kata kunci: *Thermal spray coating, powder flame coating, pemanasan awal (pre-heating).*

ABSTRACT

Thermal spray coating is a method of coating in liquid, semi-liquid or solid form to the core material in hot conditions, one of the methods of thermal coating is powder flame spray coating. This process is carried out by spraying the coating material in the form of powder through a flame (from LPG and oxygen) with heat exceeding the melting temperature of the coating material to the surface of the coated material. This study aims to determine the physical and mechanical properties of the thermal spray coating on medium carbon steel. The pre-heating variations are 602°C, 712°C and 828°C. The results of the study showed that the hardness of the specimens using pre-heating was 602°C higher than the three temperature variations studied. It is proven that, at the variation of the preheating temperature of 602°C, the hardness value that can be achieved is 994.2 HVN in the coating area and the average is 832.4 HVN. Thermal flame spray coating treatment has an effect on increasing the hardness of the parent material (S45C). It is proven that, from 4 hardness test points in each specimen, the variation in the parent material (S45C) has an average hardness of 667 HVN. Thermal spray coating affects the thickness or enlargement of the diameter due to the addition of layers.

Keywords: *Thermal spray coating, powder flame coating, pre-heating.*

1. PENDAHULUAN

Poros adalah salah satu proses produksi dari bidang manufaktur dan memiliki umur hidup pemakaian. Umur hidup pemakaian suatu produk adalah batas kemampuan dari produk berpengaruh pada keseluruhan sifat serta ciri dari suatu produk sehingga menurunkan kemampuannya atau mengalami suatu kecacatan suatu produk [1]. Sedangkan pengertian produk cacat adalah produk yang dihasilkan dalam proses produksi, dimana produk mengalami perubahan fisik dan kemampuan dari suatu produk [2].

Umur suatu produk manufaktur habis maka bisa dilakukannya perbaikan. Perbaikan adalah pekerjaan yang dilakukan untuk memperbaiki setiap fasilitas sehingga mencapai standard yang diterima [3]. Salah satu perbaikan yaitu pada poros. Poros mendapatkan momen putar dan gesekan pada saat berputar yang memungkinkan terjadinya keausan. Sifat mekanis poros yang dianggap penting antara lain: kekuatan, kekakuan dan kekerasan bahan poros. Kekerasan dibutuhkan poros karena sebuah poros harus cukup tangguh menahan beban lentur, beban geser dan torsi selama bekerja [4-6].

Salah satu teknologi yang banyak digunakan dikalangan industri untuk perbaikan poros yaitu metode *thermal spray coating* [7]. *Thermal spray coating* adalah metode pelapisan dalam bentuk cair, semi cair atau padat ke material inti dalam kondisi panas, salah satu metode pelapisan panas (*thermal coating*) yaitu *powder flame spray coating*. Proses ini dilakukan dengan menyemprotkan material pelapis dalam bentuk serbuk melalui bara api (dari bahan bakar *Acetylene* dan *Oxygen*) dengan panas melebihi suhu leleh material pelapis ke permukaan material yang dilapisi. Pemanasan awal juga diperlukan dalam proses *thermal spray coating*. Pemanasan awal dilakukan dengan menggunakan *powder coating* berkomposisi Ni-Cr. Penelitian lain sebelumnya menyatakan bahwa *thermal spray coating* dengan menggunakan *powder coating* berkomposisi Ni-W dapat diketahui bahwa tidak ada pengaruh antara variasi *preheating* dengan kekerasan material pelapis Ni-W hasil dari *powder flame spray coating*. Semakin ke dalam kekerasannya semakin berkurang hingga mencapai kekerasan material inti yang seragam [4].

2. BAHAN DAN METODE

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon sedang (S45C) dan *powder NiBSiCr coating*. Material tersedia dalam bentuk batang (*as rods*) dengan ukuran diameter 30 mm. Bahan dipotong dengan gergaji, kemudian dilakukan proses *finishing* pada permukaan potongan sehingga didapat panjang akhir batang 30 mm. Uji komposisi dari material tersebut ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi bahan kimia S45C

Material	Unsur	Kandungan Unsur (%)
S45C	Fe	98,15
	C	0,519
	Si	0,254
	Mn	0,641
	P	<0,010
	S	0,012
	Cr	0,069
	Mo	0,023
	Ni	<0,020
	Al	0,009
	Cu	0,013
	Ti	0,048
	V	<0,010
	W	0,016
	B	0,003



Gambar 1. Variasi teknik *spray*

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain, baja karbon sedang (S45C), *powder NiBSiCr coating*, oksigen, *bright gas*, resin, katalis, alkohol, air, pipa paralon 1 ½", HNO₃, selang las 4 meter, selotip, kertas amplas 100, 220, 360, 500, 800, 1000 dan 2000, poles baja. Sedangkan alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, *torch gun spray*, regulator, manometer, obeng, *clamp/klem*, gerinda potong, tang kombinasi, jangka sorong, mistar baja/penggaris, gergaji besi, kikir, kaca mata hitam, ragum, alat uji metalografi, *micro hardness vickers tester*. Gambar 1 menunjukkan teknik *spray coating* dalam penelitian ini.

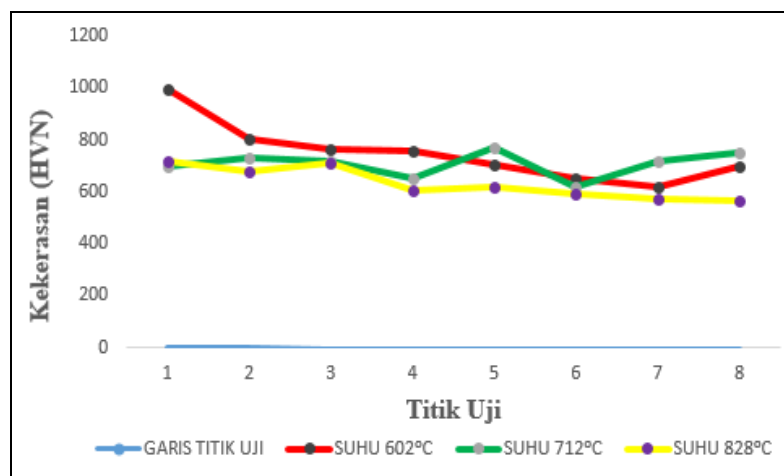
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian pengaruh variasi suhu pemanasan awal (*pre-heating*) substrat pada metode *thermal spray coating* terhadap nilai kekerasan material baja karbon sedang dan struktur mikro baja karbon sedang yang mengalami perlakuan *thermal spray coating* Sifat fisik dan sifat mekanik diperoleh dengan melakukan tahap pengujian antara lain uji tarik, uji kekerasan dan uji struktur mikro. Dari beberapa tahap pengujian tersebut mendapatkan data hasil pengujian untuk dianalisa dan menghasilkan suatu pembahasan dan kesimpulan yang sesuai dengan tujuan dari penelitian.

3.1 Hasil Penelitian

3.1.1 Hasil Penelitian Uji Kekerasan

Hasil penelitian dari uji kekerasan *vickers* pada spesimen uji ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik uji kekerasan *vickers* pada 3 variasi suhu

3.1.2 Hasil Penelitian Uji Struktur Mikro

Hasil penelitian dari uji struktur mikro yang divisualisasikan dengan gambar yang terdapat pada tabel 2.

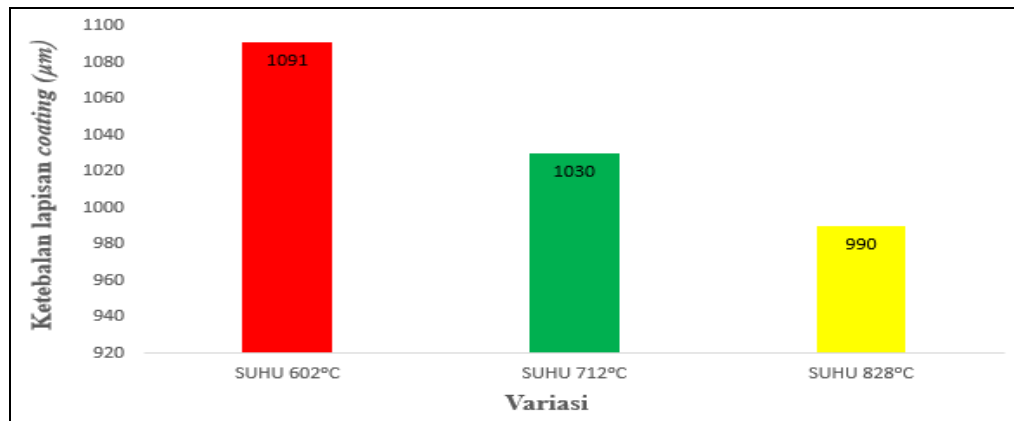
Tabel 2. Hasil pengamatan struktur mikro

Variasi Suhu	S45C	-	NiBSiCr
	Material Induk	Ikatan	Coating
602°C			
712°C			
828°C			

3.2 Pembahasan Hasil Penelitian

3.2.1 Hasil Visual Powder Flame Coating

Data hasil visual *coating* NiBSiCr didapatkan dengan melakukan pengukuran ketebalan lapisan dengan menggunakan jangka sorong digital serta dengan menggunakan pengukuran *Inverted metallurgical microscope*.



Gambar 3. Grafik perbedaan ketebalan pelapisan ketiga spesimen variasi

Gambar 3 diketahui bahwa terdapat perbandingan ketebalan lapisan *coating* dengan jumlah layer yang sama pada saat proses *powder flame spray coating*. Pengukuran menggunakan *vernier caliper* dan *Inverted metallurgical microscope*. Data pengujian *Inverted metallurgical microscope* menunjukkan nilai ketebalan yang lebih kecil daripada pengukuran menggunakan jangka sorong digital. Hal ini disebabkan pengukuran ketebalan lapisan menggunakan jangka sorong digital mengenai bagian permukaan atas partikel yang kasar dan bergelombang. Penyebab terjadinya gelombang pada permukaan atas *coating* yaitu serbuk yang tidak terbakar sempurna lalu mengumpul dan mengeras. Sedangkan pada pengujian *Inverted metallurgical microscope* sistem pengukurannya ditujukan langsung ke bagian *coating* yang dihasilkan, sehingga tidak mengenai bagian permukaan atas partikel yang bergelombang. Dengan demikian jarak *nozzle* yang digunakan berpengaruh pada kecepatan *droplet* hingga dapat mencapai permukaan material induk sehingga meningkatkan ketebalan. Sebagaimana pernyataan dari peneliti sebelumnya bahwa semakin banyak dan cepatnya *droplet* yang mencapai permukaan material induk maka ketebalan *coating* bertambah [2].



Gambar 4. Visualisasi ketebalan spesimen variasi suhu spesimen: (a) Suhu 828°C, (b) 602°C dan suhu 712°C

3.2.2 Pengamatan Struktur Mikro *Powder Flame Spray Coating*

Pengujian ini dilakukan pengamatan struktur mikro terhadap permukaan spesimen *powder flame spray coating* dengan menggunakan *Inverted metallurgical microscope* dengan standar ASTM E407-07. Tujuan pengujian ini untuk mengetahui perubahan fasa dan mikrostruktur yang terbentuk terhadap spesimen *powder flame spray coating* maupun struktur pada *coating*. Uji struktur mikro dilakukan dengan menggunakan 2 larutan etsa yaitu alkohol dan HNO₃ dengan perbandingan 20:1 untuk material S45C. Sedangkan larutan aquades dan HCL dengan perbandingan 9:1 untuk lapisan NiBSiCr, dikarenakan apabila hanya dilakukan satu kali pengetsaan dengan salah satu perbandingan yang diambil maka yang terjadi salah satu bagian (*coating* atau material induk) tidak terlihat struktur mikronya. Hasil uji struktur mikro

menunjukkan daerah logam induk baja S45C terdiri dari fasa ferrit dan perlit. Gambar 5 dijelaskan bahwa ferrit memiliki warna terang sedangkan perlit berwarna gelap.



Gambar 5. Struktur mikro S45C

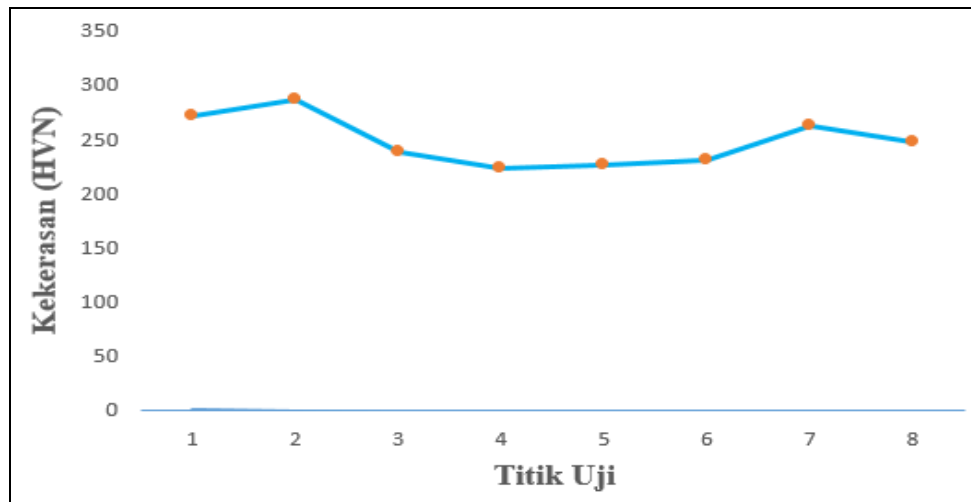


Gambar 6. Struktur mikro coating

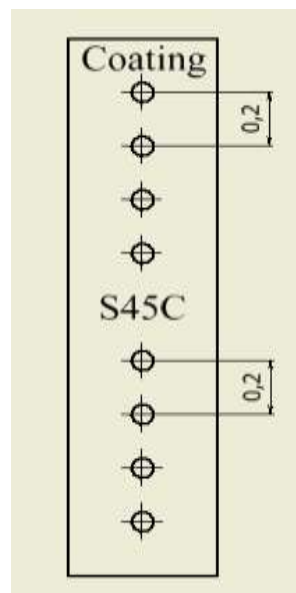
Lapisan semprotan *thermal* diproduksi, partikel cair atau semi cair panas menimpa dan mengeras di permukaan membentuk struktur berlapis. Setelah menabrak permukaan, partikel menjadi rata dan mengeras dalam milidetik, dan penumpukan lapisan dikenal sebagai struktur lamellar. Sedangkan sebuah partikel bubuk tidak meleleh sepenuhnya dalam proses penyemprotan, ia masih dapat menempel ke permukaan, mempertahankan bentuknya yang disebut sebagai *unmelt*. Pelelehannya tidak diinginkan dalam struktur pelapis karena tidak melekat dengan baik [8]. Struktur ini dapat dilihat pada gambar 6.

3.2.3 Pembahasan Hasil Penelitian Uji Kekerasan *Vickers*

Hasil uji kekerasan *vickers* pada *raw material* ditunjukkan pada gambar 7. Hasil uji kekerasan dapat diketahui bahwa pada *raw material* S45C menghasilkan nilai kekererasan tertinggi pada titik uji nomor 2, dengan nilai kekerasan sebesar 288,9 HVN. Sedangkan nilai kekerasan terendah terdapat pada titik uji nomor 4, nilai kekerasan yang dicapai yaitu 227,3 HVN. Sedangkan Pengujian kekerasan lapisan *coating* dengan menggunakan *Digital Micro Vickers Hardness Tester type HVS-1000Z* di empat lokasi bagian permukaan hasil *coating* dan empat pada material induk. Beban yang digunakan sebesar 9,8 N dengan waktu indentasi selama 30 detik dengan jarak antar titik uji 0,2 mm. Nilai kekerasan dalam *vickers hardness number* (HVN). Uji kekerasan *vickers* dilakukan secara vertikal seperti ditunjukkan pada Gambar 8.

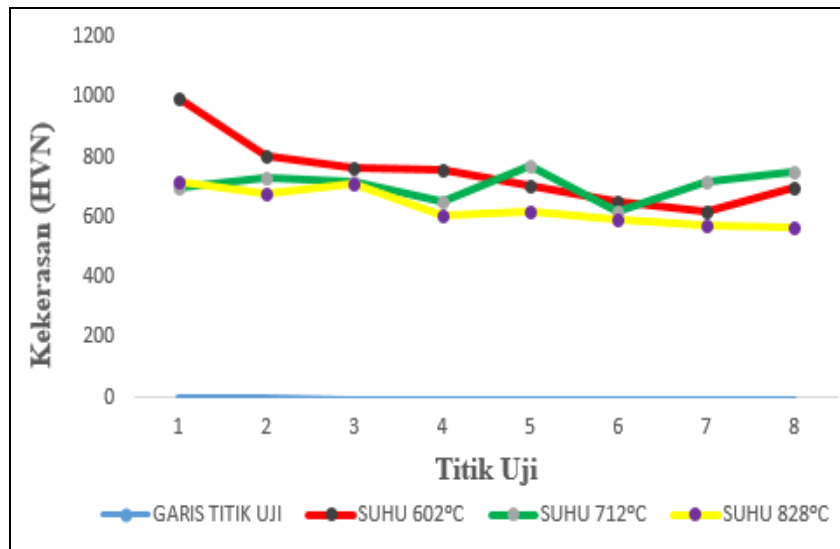


Gambar 7. Grafik uji kekerasan pada raw material



Gambar 8. Skema uji kekerasan vickers secara vertikal

Gambar 9 diketahui bahwa rerata nilai kekererasan tertinggi terdapat pada spesimen variasi suhu 602°C yaitu sebesar 832,4 HVN. Rerata nilai kekererasan pada spesimen variasi suhu 712°C yaitu sebesar 709,8 HVN. Sedangkan Rerata nilai kekererasan pada spesimen variasi suhu 828°C yaitu sebesar 634,2 HVN. Perbandingan dari grafik nilai kekerasan raw material dengan grafik nilai kekerasan hasil *thermal spray coating* dapat disimpulkan bahwa pada material induk mengalami peningkatan kekerasan.



Gambar 9. Grafik uji kekerasan vickers pada 3 variasi suhu

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian dan analisa data yang diperoleh pada variasi pemanasan awal (*pre-heating*) terhadap struktur mikro dan uji kekerasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pemanasan awal (*pre-heating*) menggunakan suhu 602°C menghasilkan kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan variasi suhu 712°C dan 828°C. Terbukti bahwa, pada variasi suhu pemanasan awal 602°C nilai kekerasan yang dapat dicapai sebesar 994,2 HVN yang berada pada daerah *coating* dan rerata sebesar 832,4 HVN. Sedangkan nilai kekerasan yang dapat dicapai pada material induk S45C sebesar 707,8 HVN dan rerata sebesar 670,2 HVN.
2. Perlakuan *thermal flame spray coating* berpengaruh terhadap peningkatan kekerasan pada material induk (S45C). Terbukti bahwa, dari 4 titik uji kekerasan di setiap spesimen variasi pada material induk (S45C) rata-rata kekerasan sebesar 667 HVN. *Thermal spray coating* berpengaruh pada ketebalan atau perbesaran diameter karena diakibatkan pada penambahan lapisan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang bersangkutan dalam pembuatan penelitian ini dan atas dukungan dari teman-teman saya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Carrasquero, J. Lesage, E. Puchi-Cabrera, And M. Staia, "Fretting Wear Of Hvof Ni–Cr Based Alloy Deposited On Sae 1045 Steel," *Surface And Coatings Technology*, Vol. 202, Pp. 4544-4551, 2008.
- [2] R. Daengmool, S. Wirojanupatump, S. Jiansirisomboon, And A. Sopadang, "Effect Of Spray Parameters On Stainless Steel Arc Sprayed Coating," *Parameters*, Vol. 1, P. C3, 2006.
- [3] B.-Y. Fu, D.-Y. He, And L.-D. Zhao, "Effect Of Heat Treatment On The Microstructure And Mechanical Properties Of Fe-Based Amorphous Coatings," *Journal Of Alloys And Compounds*, Vol. 480, Pp. 422-427, 2009.
- [4] M. Mustika, I. M. Widiyarta, I. M. Parwata, And I. P. Lokantara, "Karakteristik Kekerasan Material Dibawah Permukaan Akibat Pemanasan-Awal Substrate Dalam Proses Thermal Coating," *Jurnal Mettek: Jurnal Ilmiah Nasional Dalam Bidang Ilmu Teknik Mesin*, Pp. 60-64%V 3, 2017-07-29 2017.

- [5] K. Simunovic, "Thermal Spraying," *Welding Engineering And Technology. Eolss*, 2010.
- [6] R. Rusmardi And F. Feidihal, "Analisa Persentase Kandungan Karbon Pada Logam Baja," *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 3, Pp. 35-43, 2012.
- [7] C. Prilyanto And R. M. Mgg, "Pengaruh Variasi Jumlah Lapisan Thermal Spray Coating Menggunakan Silicon Carbida (Sic) Terhadap Kekerasan Permukaan Baja Karbon S45c," *Iteks*, Vol. 11, 2019.
- [8] J. G. Odhiambo, W. Li, Y. Zhao, And C. Li, "Porosity And Its Significance In Plasma-Sprayed Coatings," *Coatings*, Vol. 9, P. 460, 2019.