

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

Tri Wahyu Setiawan^{1*}, Y. Yulianto Kristiawan²

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

*Email: triwahyusetiawan1999@gmail.com

ABSTRAK

Powder flame spray coating merupakan salah satu jenis pelapisan dari metode *thermal spraying*, dimana penggunaan serbuk sebagai pelapis berfungsi untuk menyelubungi permukaan substrat dalam meningkatkan ketahanan yang baik terhadap keausan atau erosi, oksidasi dan korosi temperatur tinggi, serta dengan biaya rendah. Penelitian ini, bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari variasi suhu pemanasan awal (*preheating*) terhadap sifat fisis dan sifat mekanik baja karbon rendah. Variasi suhu pemanasan awal (*preheating*) yang digunakan yaitu suhu 500°C, 600°C dan 700°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa substrat yang mendapatkan perlakuan *powder flame spray coating* dapat meningkatkan ketebalan. Terbukti pada spesimen pengujian variasi 528°C mendapatkan rata-rata ketebalan sebesar 912,3 µm. Selanjutnya pengaruh yang diberikan dari variasi suhu pemanasan awal terhadap substrat dapat meningkatkan nilai kekerasan yang signifikan. Terbukti bahwa dari spesimen suhu 624°C mendapatkan nilai kekerasan sebesar 926,3 VHN. Selain itu permukaan baja karbon rendah mengalami kenaikan nilai kekerasan dibuktikan hasil pengujian didapatkan rata-rata nilai kekerasan sebesar 600 VHN. Pada sisi lain pada pengujian metalografi struktur mikro yang terlihat dari baja karbon rendah adalah fasa ferit dan fasa perlit, sedangkan pada coating NiBSiCr terdapat struktur *lamellar* dengan fasa *light lamellar*, fasa *half melted* dan porositas.

Kata kunci: *Powder flame spray coating*, pemanasan awal (*pre-heating*), baja karbon rendah

ABSTRACT

Powder flame spray coating is a type of coating based on the thermal spraying method, where the use of powder as a coating serves to cover the surface of the substrate to increase good resistance to wear or erosion, high temperature oxidation and corrosion, and at low cost. This study aims to determine the effect of variations in preheating temperature on the physical and mechanical properties of low carbon steel. The variation of the preheating temperature used was 500°C, 600°C and 700°C. The results showed that the substrate treated with powder flame spray coating could increase the thickness. It is proven that the 528°C variation test specimens get an average thickness of 912.3 µm. Furthermore, the effect given from variations in preheating temperature to the substrate can increase the hardness value significantly. It is proven that the specimen at 624°C has a hardness value of 926.3 VHN. In addition, the low carbon steel surface experienced an increase in the hardness value as evidenced by the test results obtained by an average hardness value of 600 VHN. On the other hand, in the microstructure metallography test, which can be seen from low carbon steel is the ferrite phase and pearlite phase, while in the NiBSiCr coating there is a lamellar structure with a light lamellar phase, half melted phase and porosity.

Keywords: *Powder flame spray coating, pre-heating, low carbon steel.*

1. PENDAHULUAN

Sprocket adalah salah satu bagian yang sangat dibutuhkan dari sepeda motor atau berbagai mesin-mesin industri yang lainnya, berguna untuk memindahkan tenaga melalui

putaran [1]. Material *sprocket* industri umumnya terbuat dari bahan yang memiliki ketahanan terhadap tekanan dan temperatur, salah satunya yaitu *structural steel* tipe 41 (SS41). *Structural steel* tipe 41 (SS41) merupakan baja karbon rendah dengan kadar karbon maksimal 0,30% [2]. Namun, terdapat masalah yang harus dihindari pada bagian *sprocket*, salah satunya yaitu aus (*wear*). Keausan (*wear*) didefinisikan sebagai hilangnya materi dari permukaan benda padat sebagai akibat dari gerakan mekanik yang dapat menyebabkan berkurangnya umur pakai dari material [3]. Penyebab aus pada *sprocket* sendiri disebabkan penarikan beban besar secara terus menerus namun pelumasan *sprocket* tidak ada atau kurang [4]. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah cara pencegahan abrasi (pengikisan) untuk memperpanjang masa pakai dari komponen tersebut. Solusi terhadap keausan yang terjadi yaitu menggunakan metode pelapisan *thermal spraying*.

Pelapisan adalah proses penambahan atau penumpukan suatu material ke suatu permukaan material lain (atau material yang sama). Pada umumnya pelapisan diterapkan ke suatu permukaan dengan tujuan untuk melindungi permukaan dan lingkungan yang mungkin menyebabkan korosi atau *deterioratif* (merusak), untuk meningkatkan penampilan permukaan, dan untuk memperbaiki permukaan atau bentuk suatu komponen tertentu dan lain-lain [5]. "*Thermal spraying* merupakan salah satu teknik rekayasa permukaan, yaitu dengan mendepositkan partikulat dalam bentuk cair, semi-cair, atau padat ke substrat atau sekelompok proses dimana material pelapis (*feedstock*) dipanaskan dan didorong sebagai partikel individu atau *droplets* ke suatu permukaan (base material/substrat) [6].

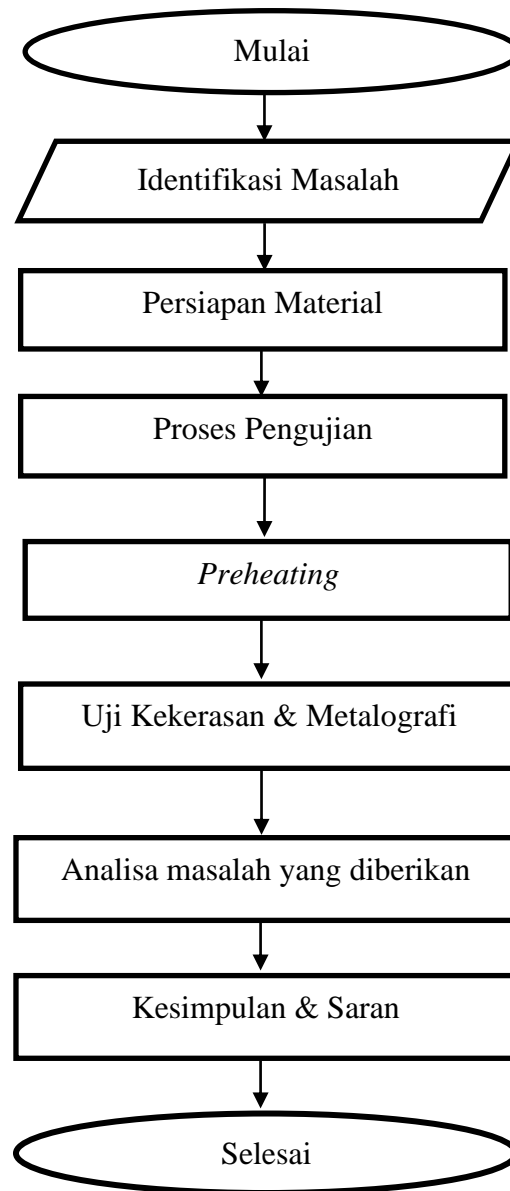
"Penelitian yang dilakukan (Mustika, dkk, 2017) mengatakan *thermal spray coating* dengan menggunakan *powder coating* berkomposisi *Ni-W*. Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa kekerasan material pelapis *Ni-W* hasil dari *powder flame spray coating* yang beragam"

2. BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah material baja karbon rendah (SS41) dan serbuk pelapis *NiBSiCr coating*. Material dalam bentuk roda gigi rantai (*sprocket*) dengan ukuran diameter 600 mm serta tebal 10,2 mm. Material dipotong dengan gergaji, kemudian dilakukan proses akhir pada sisi material sehingga didapat ukuran akhir panjang 30 mm, lebar 20 mm dan tebal 10,2 mm. Untuk komposisi dari material ditunjukkan pada tabel 1. Selanjutnya untuk bahan lain penelitian yang digunakan antara lain, oksigen, *Bright Gas*, resin, katalis, alkohol, air, pipa paralon 1 ½", HNO₃, HCL, aquades, 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*. Proses penelitian ini dilakukan di Laboraturium Inlastek Surakarta dan Laboraturium Pengujian Bahan Teknik Mesin Akademi Teknologi Warga Surakarta, Jalan Raya Solo – Baki Km.2, Kwarasan, Solo Baru, Kabupaten Sukoharjo. Metode yang digunakan dalam penelitian dijelaskan pada Gambar 1.

Tabel 1. Komposisi bahan kimia SS41

Material	Unsur	Kandungan Unsur (%)
SS41	Fe	98,87
	C	0,243
	Si	0,237
	Mn	0,507
	P	< 0,010
	S	0,008
	Cr	0,031
	Mo	0,021
	Ni	< 0,020
	Al	< 0,002
	Cu	< 0,004
	Ti	< 0,005
	V	< 0,010
	W	0,029
B	0,002	



Gambar 1. Tahapan Penelitian

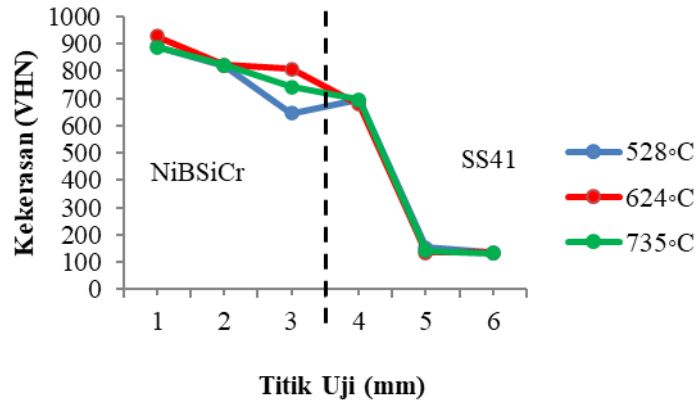
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian pengaruh variasi suhu pemanasan awal (*preheating*) substrat pada metode *thermal spray coating* terhadap nilai kekerasan material baja karbon rendah dan struktur mikro baja karbon rendah yang mengalami perlakuan *thermal spray coating* Sifat fisis dan sifat mekanik diperoleh dengan melakukan tahap pengujian diantaranya uji kekerasan dan uji metalografi. Dari beberapa tahap pengujian tersebut mendapatkan data hasil pengujian untuk dianalisa dan menghasilkan suatu pembahasan dan kesimpulan yang sesuai dengan tujuan dari penelitian.

A. Hasil Penelitian

1. Hasil penelitian uji kekerasan

Hasil penelitian dari uji kekerasan *vickers* dengan pengujian *cross section* yang ditunjukkan pada Gambar 2.



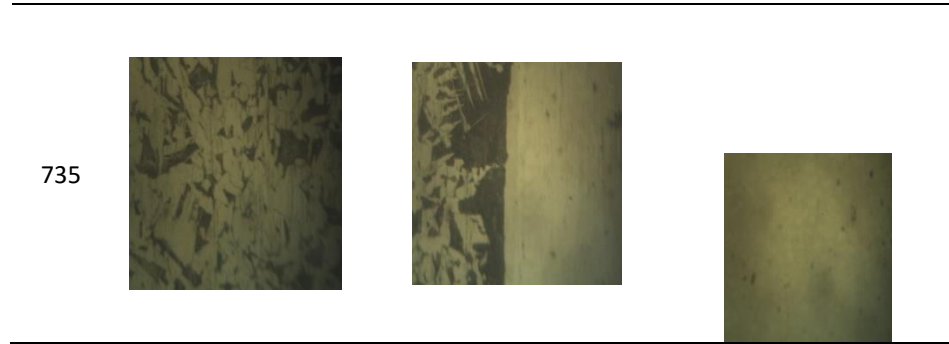
Gambar 2. Grafik hasil uji kekerasan *vickers* pada 3 variasi suhu

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 (°C)	SS41		NiBSiCr
	Base	Ikatan	Coating
528			
624			

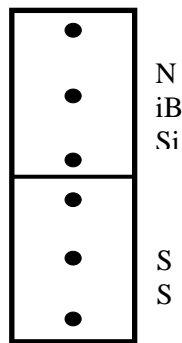


B. Pembahasan hasil penelitian

1. Sifat Mekanik

Pembahasan sifat mekanik dibuktikan dengan hasil penelitian uji kekerasan *vickers* sebagai berikut:

Pengujian kekerasan lapisan *coating* dengan menggunakan *Digital Micro Vickers Hardness Tester type HVS-1000Z* di tiga lokasi bagian permukaan hasil *coating* dan tiga pada material induk. Beban yang digunakan sebesar 9,8 N dengan waktu indentasi selama 30 detik dengan jarak antar titik uji 0,5 mm. Nilai kekerasan dalam *vickers hardness number (VHN)*. Uji kekerasan *vickers* dilakukan secara vertikal seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 3. Skema uji kekerasan *vickers* secara vertikal (atas ke bawah)

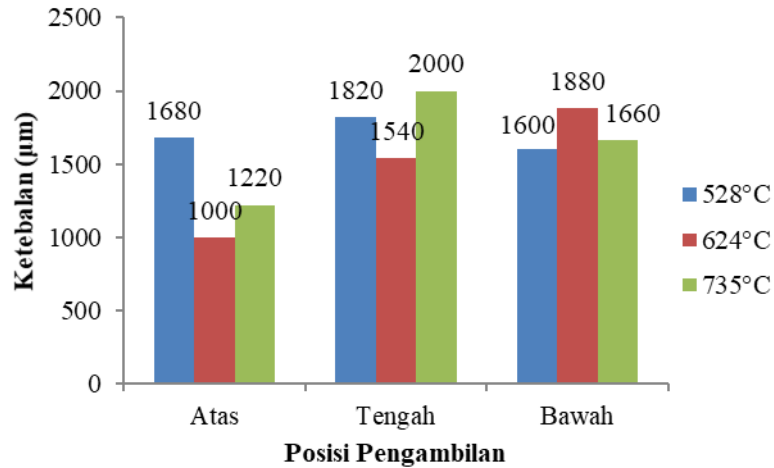
Hasil uji kekerasan *vickers* pada *raw* material ditunjukkan pada gambar 1, dilihat bahwa dengan variasi suhu pemanasan awal yaitu 624°C nilai kekerasan tertinggi pada daerah lapisan atas (*top coat*) yaitu 928,6 VHN. Sedangkan nilai kekerasan pada variasi suhu pemanasan awal 528°C dan 735°C yaitu 890,8 VHN dan 888,4 VHN. Selanjutnya pada jarak yang semakin kebawah atau jauh dari lapisan dihasilkan dengan nilai kekerasan yang semakin menurun sesuai nilai kekerasan asli logam induk/substrat dengan nilai kekerasan 132 VHN sampai 135 VHN.

Gambar 3 juga menunjukkan fenomena kenaikan kekerasan material SS41 (substrat) didekat daerah pelapisan pada variasi suhu pemanasan awal (*preheating*). Hal ini disebabkan karena pada proses pemanasan awal terjadi transformasi fasa yang menyebabkan butiran-butiran kecil menumpuk pada daerah permukaan logam induk/substrat, hal itu yang diindikasikan menaikkan nilai kekerasan pada daerah permukaan logam induk/substrat. Terbukti hasil pengujian kekerasan nilai kekerasan pada permukaan meningkat sebesar 600 VHN.

2. Sifat Fisis

a. 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 4 menjelaskan perbedaan ketebalan pelapisan dari ketiga spesimen variasi *preheating* pada bagian atas, tengah dan bawah.



Gambar 4. Grafik ketebalan pelapisan ketiga spesimen dengan *vernier caliper*

Tabel 3. Hasil pengukuran ketebalan

No	Variasi spesimen	1(µm)	2(µm)	3(µm)	Rata-rata (µm)
1	528°C	888	930	919	912,3
2	624°C	661	835	844	780
3	735°C	705	987	885	859

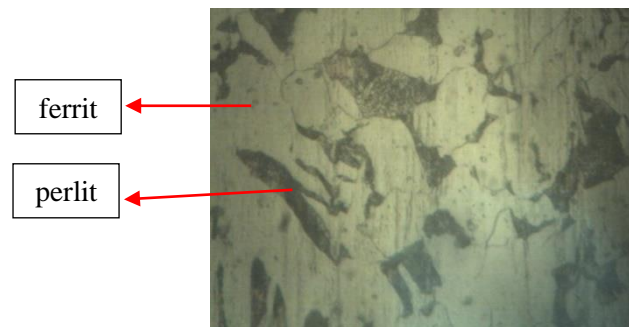
Gambar 4 dan Tabel 3 diketahui bahwa terdapat perbandingan ketebalan lapisan *coating* dengan jumlah layer yang sama pada saat proses *powder flame spray coating*. Pengukuran gambar 4 menggunakan *vernier caliper* dan tabel 2 dengan *Inverted metallurgical microscope*. Data pengujian *Inverted metallurgical 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 dari pernyataan Daengmool (2006) semakin banyak dan cepatnya *droplet*

yang mencapai permukaan material induk maka ketebalan *coating* bertambah”.

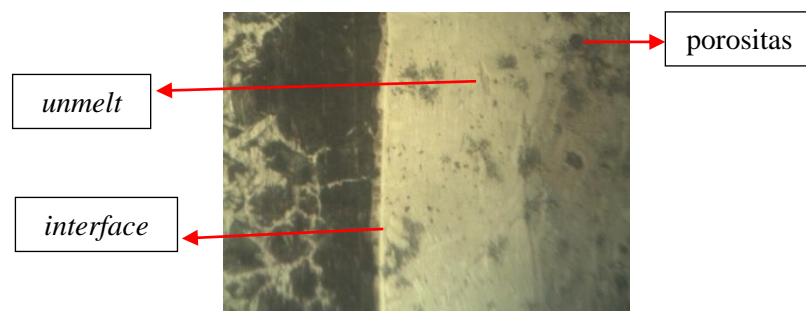
b. Pengamatan Struktur Mikro *Powder Flame Spray Coating*

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 4.5 dijelaskan bahwa ferrit memiliki warna terang sedangkan perlit berwarna gelap. “Sebagaimana dari pernyataan Erlanka (2019) bahwa ferrit ditunjukkan oleh butir yang berwarna terang sedangkan perlit ditunjukkan oleh butir yang berwarna gelap. Struktur ferrit memiliki sifat yang ulet dan struktur perlit memiliki sifat yang keras”.



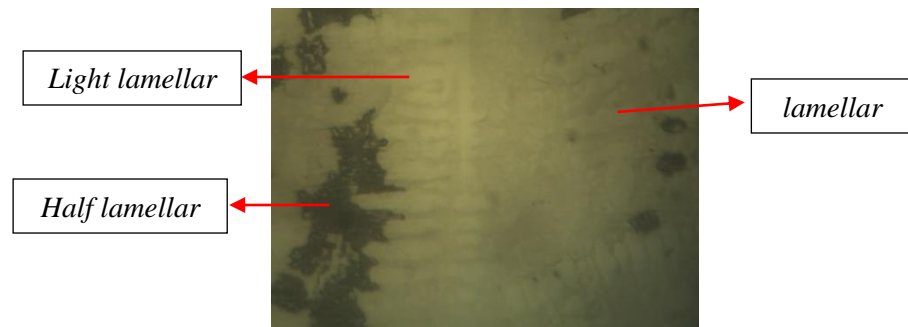
Gambar 5. Struktur mikro SS41 perbesaran 50X



Gambar 6. Struktur mikro ikatan perbesaran 50X

Struktur ini dapat dilihat pada Gambar 6 . “Pertama terdapat oksigen yang terjebak pada lapisan *coating* dikarenakan jarak *spraying* yang terlalu jauh, menyebabkan terbentuknya material *unmelt* dan cenderung diikuti dengan adanya porositas. Kedua tumpukkan *lamellar* tipis yang menyusun *coating* pada setiap ujung dari *droplet* yang tipis (Pawlowski, 2008)”.

Selanjutnya bagian *interface* yang terbentuk terlihat tidak rata. Hal ini disebabkan adanya material *coating* yang meleleh sampai ke bagian samping substrat pada saat proses pelapisan. Sedangkan pada gambar 7 menunjukkan struktur mikro coating diantaranya “fasa *light lamellar* adalah lapisan sebaran unsur Ni dan Cr serta Si sebagai *precipitate* dan *self fluxing*. Dan *half melting* terbentuk karena temperatur *droplet* yang lebih tinggi daripada temperatur panas yang masuk ke *droplet* tersebut, dan tidak sepenuhnya mencair dengan sempurna sehingga menjadi *half melted* (Fu Bin, 2009)”.



Gambar 7. Struktur mikro *coating* perbesaran 50X

4. KESIMPULAN

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

1. Setelah dilakukan pengujian kekerasan pada lapisan dan material substrat antara baja karbon rendah dengan serbuk NiBSiCr menggunakan variasi suhu pemanasan awal 500°C, 600°C dan 700°C. Dapat disimpulkan bahwa, proses pelapisan dapat meningkatkan kekerasan secara signifikan. Terbukti bahwa, pada variasi suhu pemanasan awal 600°C nilai kekerasan yang dapat dicapai sebesar 928,6 VHN. Hasil pengujian struktur mikro pada material substrat baja karbon rendah menggunakan variasi suhu pemanasan awal 500°C, 600°C dan 700°C fasa yang dapat dilihat berupa fasa *ferrite* dan fasa *perlite*. Sedangkan lapisan serbuk NiBSiCr pada pengujian struktur mikro terlihat bentuk *lamellar* diikuti dengan *half melted*, *unmelted* dan *porosity*.
2. Perlakuan *powder flame spray coating* berpengaruh terhadap peningkatan ketebalan spesimen hasil *coating*. Hal ini dikarenakan adanya percikan-percikan partikel yang mengendap akibat dari kekuatan *impact* dari tekanan gas dan jarak *nozzle*.

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] Setiawan, Feddy Wanditya, dkk., "Analisa Pemilihan Bahan Pada Pemodelan Sproket." *JMIO: Jurnal Mesin Industri dan Otomotif* 1.01, pp 23-29, 2019.
- [2] Daengmool, Reungruthai, dkk., *Effect of Spray Parameter on Stainless Steel Arc Sprayed Coating*. MP03, 2006.
- [3] ASM Handbook, *Failure Analysis and Prevention*, Vol. 11, ASM International, Material Park, Ohio, 1990.

- [4] Azhari, Muhammad Ridho. “Pengaruh *Thermal Cycle* terhadap Ketahanan Adhesi dan Abrasif pada Pelapisan *SS 304* dengan NiCrSiB Metode *Flame Spray and Fused*”, Diss. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [5] Fu Bin, You., “*Effect of Heat Treatment On the Microstructure and Mechanical Properties of Fe-Based Amorphous Coatings*”, China : *Beijing University of Technology*, 2009.
- [6] Mustika, dkk., Karakteristik Kekeraan Material Dibawah Permukaan Akibat Pemanasan Awal Substrat Dalam Proses *Thermal Spray*, Vol.3, pp 60 – 64, 2017.
- [7] Pawlowski, L. *The Science And Engineering Of Thermal Spray Coatings*. France : Willey, 2008.
- [8] Simunovic, K. *Thermal Spray Welding Engineering And Tecnology : Thermal Spraying*, London : Ed. Eolss Publisher, 1 – 14, Tahun 2014.
- [9] Sardjono, Koos, dkk., "Analisis Karakteristik Material *Gear Sprocket* Dengan Atau Tanpa Lapisan *Polyurethane* Pada Sepeda Motor," *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 1.1, 2007.