



Pengaruh Tekanan Gas pada Proses *Thermal Spray* Aluminium (TSA) terhadap Keausan dan Morfologi Pada Baja ST 60

Bram Ihza Pramudya^{1*}, Sri Hastuti², Herru Santosa Budiono³

^{1,2,3}Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Tidar, Indonesia

Email: bramihza6@gmail.com¹, hastutisrimesin@untifdar.ac.id², herru.santosa@untidar.ac.id³

*Korespondensi penulis: bramihza6@gmail.com

Abstract. The use of steel in industry continues to increase until now making it the material most often used in transportation equipment such as cars, ships and trains. Steel is used in the transportation construction industry, steel materials are often used for railway axle construction. Hardness values were taken using the Vickers micro test, and wear using a taber abrasive tool. Based on this background, research will be carried out "The Effect of Gas Pressure in the Thermal Spray Aluminum (TSA) Process on the Hardness and Wear Resistance of ST-60 Steel". This research uses medium carbon steel material with a coating process via TSA. The resulting layer is expected to have better hardness and wear values. The research method used in this research is the experimental method. The experimental method is a method used to test the effect of a treatment on the object under study by comparing when treatment is carried out and without treatment. This research carried out tests on 15 test objects. The substrate material used is ST 60 steel. In the thermal spray process three variations of gas pressure are used, namely 3 Bar, 6 Bar, and 9 Bar. Hardness values were taken using the Vickers micro test, and wear using a taber abrasive tool. The highest average value of layer wear occurred at a pressure variation of 4 Bar with a layer thickness of 0.00859 mm²/kg. The lowest average layer wear value occurred at a pressure variation of 3 Bar with a wear value of 0.00729 mm²/kg. Meanwhile, based on coating layer thickness testing, the highest average layer thickness value occurred at a pressure variation of 4 Bar with a layer thickness of 423.854 µm. The lowest average layer thickness value occurred at a pressure variation of 3 Bar with a layer thickness of 241.505 µm.

Keywords: Thermal Spray Aluminum (TSA), Hardness, Wear, Steel St 60.

Abstrak. Penggunaan baja pada industri terus meningkat hingga sekarang yang menjadikannya material yang paling sering digunakan pada suatu transportasi seperti mobil, kapal, dan kereta api. Baja digunakan dalam industri pembangunan transportasi, material baja seringkali digunakan sebagai konstruksi poros kereta api. Pengambilan nilai kekerasan dilakukan uji micro vickers, dan keausan menggunakan alat taber abraser. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka akan dilakukan penelitian "Pengaruh Tekanan Gas Pada Proses *Thermal Spray Aluminium* (TSA) Terhadap Kekerasan Dan Ketahanan Aus Pada Baja ST-60". Penelitian menggunakan material baja karbon sedang dengan proses pelapisan melalui TSA. Diharapkan hasil lapisan memiliki nilai kekerasan dan keausan yang lebih baik. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Metode eksperimental adalah metode yang digunakan untuk menguji pengaruh dari suatu perlakuan terhadap objek yang diteliti dengan membandingkan apabila dilakukan perlakuan dan tanpa adanya perlakuan. Penelitian dilakukan pengujian sebanyak 15 spesimen. Material substrat yang digunakan adalah baja ST 60. Pada proses thermal spray digunakan tiga variasi tekanan gas yaitu 3 Bar, 6 Bar, dan 9 Bar. Pengambilan nilai kekerasan dilakukan uji micro vickers, dan keausan menggunakan alat taber abraser. Nilai keausan rata rata lapisan tertinggi terjadi pada variasi tekanan 4 Bar dengan ketebalan lapisan 0.00859 mm²/kg. Nilai keausan rata rata lapisan terendah terjadi pada variasi tekanan 3 Bar dengan nilai keausan sebesar 0,00729 mm²/kg. Sedangkan berdasarkan pengujian ketebalan lapisan coating, nilai ketebalan rata rata lapisan tertinggi terjadi pada variasi tekanan 4 Bar dengan ketebalan lapisan sebesar 423,854 µm. Nilai ketebalan rata rata lapisan terendah terjadi pada variasi tekanan 3 Bar dengan ketebalan lapisan sebesar 241,505 µm.

Kata kunci: Thermal Spray Aluminium (TSA), Kekerasan, Keausan, Baja St 60.

1. PENDAHULUAN

Penggunaan baja pada industri terus meningkat hingga sekarang yang menjadikannya material yang paling sering digunakan pada suatu transportasi seperti mobil, kapal, dan kereta api. Baja digunakan dalam industri pembangunan transportasi, material baja seringkali digunakan sebagai konstruksi poros kereta api. Adapun jenis baja yang paling sering digunakan dan diaplikasikan pada konstruksi poros kereta api adalah baja karbon sedang. Baja karbon dapat dikatakan sebagai baja karbon sedang apabila memiliki konsentrasi karbon sebesar 0,31% - 0,60%. Material baja seringkali mengalami keausan akibat lingkungan, sehingga memperpendek umur pemakaian material.

Coating yaitu sebuah pelapisan yang diterapkan pada permukaan benda dengan tujuan dekoratif, fungsional maupun keduanya. Tujuan fungsional yang dimaksud adalah meningkatkan sifat permukaan substrat yang akan dilapisi, seperti lingkungan yang mungkin menyebabkan korosi atau merusak, ketahanan pada temperatur tinggi, ketahanan aus dan tingkat kekasaran permukaan.

Thermal spray aluminium (TSA) sebagai salah satu metode yang efektif untuk meningkatkan sifat-sifat mekanis dan ketahanan aus pada permukaan material, termasuk pada baja karbon rendah. TSA terdapat dalam teknik pelapisan logam (*coating*) dengan menyemprotkan serbuk atau material cair ke permukaan material yang ingin dilapisi. Proses ini melibatkan tekanan gas pembawa yang berperan penting dalam mengendalikan kualitas lapisan *coating* yang dihasilkan. Variasi tekanan gas pembawa dapat mempengaruhi kekerasan dan ketahanan aus lapisan *coating*, yang merupakan parameter penting dalam menentukan kualitas dan kinerja *coating* tersebut.

Ketahanan aus untuk menahan gesekan dan abrasi yang terjadi selama penggunaan dan juga sangat penting diaplikasikan dimana material berada dalam kontak langsung dengan permukaan yang mengalami gesekan maupun tumbukan dan abrasi. Aus merupakan kegagalan permukaan komponen yang dapat mempengaruhi kinerja komponen karena perubahan profil permukaan. Aus terjadi karena terlepasnya partikel dari permukaan material suatu komponen. Kegagalan dipengaruhi oleh sifat mekanik material, beban kerja komponen dan kondisi permukaan kontak, salah satunya yaitu munculnya panas (meningkatnya suhu permukaan kontak) akibat gesekan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka akan dilakukan penelitian “Pengaruh Tekanan Gas Pada Proses *Thermal Spray* Aluminium (TSA) Terhadap Kekerasan Dan Ketahanan Aus Pada Baja ST-60”. Penelitian menggunakan material baja karbon sedang dengan proses pelapisan melalui TSA. Diharapkan hasil lapisan memiliki nilai kekerasan dan keausan yang lebih baik.

2. METODOLOGI

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan selama 4 bulan. Pembuatan spesimen dilakukan di PT. Lastek Dwijasarana Indonesia Surakarta dan proses pengujian material dilaksanakan di Laboratorium Bahan Teknik DTMI Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dan Laboratorium Pengecoran & Pengelasan FT UNS.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari Mesin *Thermal Spray* SX 400, Gerinda Potong, Gergaji Potong, *Abrasive Paper*, FE-SEM (*Field Emission-Scanning Electron Microscope*), dan *Taber Abraser Tester*. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Baja ST 60 dan Aluminium seri 1000.

Tahap Penelitian

Prosedur penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu: preparasi sampel yang mencakup material substrat dan material pelapis, proses *thermal spray* aluminium, proses pengujian, dan analisis hasil.

Preparasi Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu baja ST 60 sebagai material substrat dan aluminium sebagai material pelapis. Preparasi material substrat adalah langkah penting dalam proses pelapisan (*coating*) yang melibatkan persiapan permukaan substrat sebelum aplikasi lapisan. Tujuan utama preparasi material substrat adalah untuk menciptakan kondisi permukaan yang optimal agar lapisan dapat melekat dengan baik dan memberikan kinerja yang diinginkan. Langkah yang dilakukan antara lain pembersihan material dari kontaminan seperti debu, kotoran, minyak, karat, atau oksida. Dalam penelitian ini penulis menggunakan *abrasive paper* untuk menghaluskan dan membersihkan permukaan material substrat dan kemudian disemprot menggunakan udara bertekanan untuk menghilangkan sisa kotoran.

Proses *Thermal Spray*

Proses *thermal spray* dilakukan di PT. Lastek Dwijasarana Indonesia yang berlokasi di Surakarta. Mesin yang digunakan adalah seri SX 400 dengan parameter yang ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter Thermal Spray

Parameter	Nilai
Jenis <i>thermal spray</i>	TSA
Jenis material	Wire
Tegangan	30 volt
Arus	200 A
Tekanan udara	3 Bar, 6 Bar, 9 Bar
Jarak <i>spray</i>	m

Proses Pengujian

Pengujian yang dilakukan adalah Uji SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan Uji Keausan. Pengujian SEM adalah pengujian untuk menyelidiki permukaan dari sebuah objek solid secara langsung dengan menggunakan *mikroskop electron*. Pengujian Keausan pada penelitian ini menggunakan taber abraser untuk mengetahui volume material yang terkikis memberikan indikasi tentang ketahanan keausan lapisan *coating* pada permukaan material substrat. Pengujian ini dilakukan dengan cara menggunakan roda abrasif berputar untuk menggosok permukaan lapisan *thermal spray*.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian Keausan

Pengujian keausan ini menggunakan 12 spesimen yang terdiri dari 4 spesimen menggunakan variasi penyemprotan dengan tekanan 3 Bar, tekanan 3,5 Bar, dan tekanan 4 Bar.

Tabel 2. Hasil Uji Keausan Baja ST 60 Dengan Variasi Tekanan

No	Kode Spesimen	Nilai b_0 (mm)	B (mm)	r (mm)	P_0 (kg)	l_0 (mm)	Keausan Spesifik (Ws) (mm ² /kg)	Rata-Rata Keausan Spesifik (Ws) (mm ² /kg)
1	3 Bar	3,1192	3	13	6,36	15	0,00918	0,00729
2		2,8052	3	13	6,36	15	0,00667	
3		2,4132	3	13	6,36	15	0,00425	
4		3,1100	3	13	6,36	15	0,00909	
5	3,5 Bar	2,8498	3	13	6,36	15	0,00699	0,00814
6		2,5040	3	13	6,36	15	0,00475	
7		3,4448	3	13	6,36	15	0,01236	
8		3,0372	3	13	6,36	15	0,00847	
9	4 Bar	2,2676	3	13	6,36	15	0,00352	0,00859
10		2,5294	3	13	6,36	15	0,00489	
11		3,6934	3	13	6,36	15	0,01523	
12		3,2866	3	13	6,36	15	0,01073	

Data yang diperoleh dari percobaan aus menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan udara yang digunakan selama proses *coating*, keausan spesifiknya semakin meningkat. Selain itu semakin kecil variasi tekanan yang digunakan pada proses *thermal spray*, maka semakin rendah nilai keausan spesifik yang dihasilkan. Serta semakin tinggi variasi tekanan yang digunakan pada proses *thermal*

spray semakin tinggi nilai keausan spesifik yang dihasilkan. Hal ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh tentang laju keausan, bahwa semakin kecil tekanan gas yang digunakan saat penyemprotan maka laju keausan yang dihasilkan semakin baik. Dan apabila tekanan gas yang digunakan semakin besar maka laju keausan yang dihasilkan semakin besar. Penelitian ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh.

Pengujian Ketebalan Lapisan

Hasil pengujian ketebalan lapisan pada hasil *coating* baja ST 60 menggunakan metode *thermal spray* aluminium dengan variasi tekanan gas 3 Bar, 3,5 Bar, dan 4 Bar.

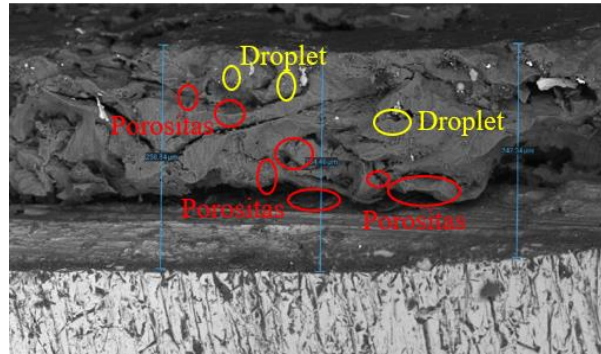
Tabel 3. Hasil pengujian ketebalan lapisan dengan variasi tekanan tekanan

Tekanan (Bar)	Ketebalan	Rata – rata ketebalan (μm)
3	252,8	220,16
3	171,27	
3	236,41	
3,5	402,61	368,23
3,5	407,97	
3,5	348,13	
4	449,42	483,18
4	527,74	
4	472,4	

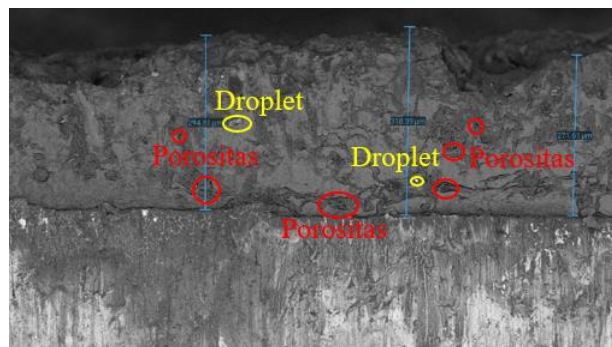
Berdasarkan hasil dari pengujian ketebalan lapisan pada hasil *coating* didapat hasil pada tabel 3 dengan nilai rata-rata ketebalan lapisan *coating* yang tertinggi adalah dengan tekanan 4 Bar yaitu 483,186 μm . Pada tekanan 3 Bar didapat ketebalan lapisan terendah dengan nilai rata-rata ketebalan lapisan 220,16 μm . menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan gas maka nilai ketebalan semakin tinggi, sedangkan semakin kecil tekanan yang digunakan saat penyemprotan nilai rata – rata ketebalan lapisannya semakin rendah. Didapat nilai rata – rata ketebalan lapisan tertinggi pada baja ST 60 menggunakan variasi tekanan 4 Bar dengan nilai sebesar 483,18 μm . Pada variasi tekanan 3,5 Bar didapat nilai rata- rata ketebalan sebesar 368,23 μm , dan nilai ketebalan rata – rata terkecil terdapat pada tekanan 3 Bar dengan nilai sebesar 220,16 μm . Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh [4] tentang pengaruh tekanan udara terhadap kekerasan dan ketahanan aus, menjelaskan bahwa semakin tinggi tekanan gas yang digunakan saat penyemprotan maka lapisan yang dihasilkan semakin tebal. Dan apabila tekanan gas yang digunakan saat penyemprotan lebih kecil maka lapisan yang dihasilkan menjadi tipis.

Pengujian Sem

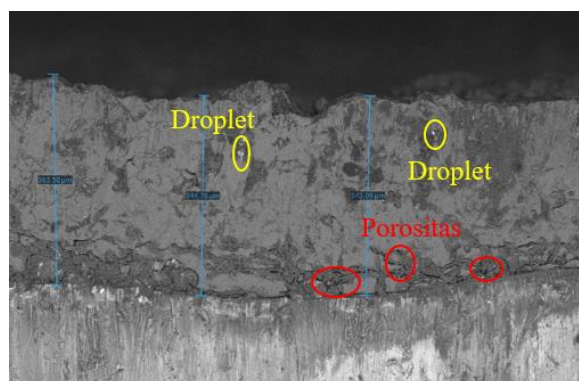
Pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) bertujuan untuk mengetahui hasil dari struktur morfologi pada hasil *coating* baja ST 60 menggunakan metode *thermal spray* aluminium dengan variasi tekanan gas 3 Bar, 3,5 Bar, dan 4 Bar.



(a) Tekanan 3 Bar



(b) Tekanan 3,5 Bar



Tekanan 4 Bar

Gambar 1

Pada Gambar 1 (a) menunjukkan bahwa struktur morfologi pada lapisan *coating* dengan variasi tekanan 3 Bar terlihat banyak porositas dan *droplet*, karena dengan tekanan yang lebih kecil menyebabkan partikel-partikel yang digunakan tidak meleleh dengan baik. Pada Gambar 4.4 (b) menunjukkan bahwa struktur morfologi pada lapisan *coating* dengan variasi tekanan 3,5

Bar terdapat porositas dan *droplet*, namun lebih sedikit dibandingkan dengan tekanan 3 Bar. Pada Gambar (c) menunjukkan bahwa struktur morfologi pada lapisan *coating* dengan variasi tekanan 4 Bar terlihat jarang adanya porositas dan *droplet* dibandingkan dengan variasi tekanan yang lain karena meningkatnya tekanan gas yang digunakan maka partikel – partikel yang terdapat mampu meleleh secara sempurna.

4. KESIMPULAN

Nilai keausan rata rata lapisan tertinggi terjadi pada variasi tekanan 4 Bar dengan ketebalan lapisan 0.00859 mm²/kg. Nilai keausan rata rata lapisan terendah terjadi pada variasi tekanan 3 Bar dengan nilai keausan sebesar 0,00729 mm²/kg. Hal ini berarti semakin tinggi tekanan gas yang digunakan, maka semakin tinggi nilai keausan spesifik lapisannya. Sedangkan berdasarkan pengujian ketebalan lapisan *coating*, nilai ketebalan rata rata lapisan tertinggi terjadi pada variasi tekanan 4 Bar dengan ketebalan lapisan sebesar 423,854 µm. Nilai ketebalan rata rata lapisan terendah terjadi pada variasi tekanan 3 Bar dengan ketebalan lapisan sebesar 241,505 µm. Hal ini berarti semakin besar tekanan yang digunakan, maka semakin tinggi nilai ketebalan lapisannya. Berdasarkan hasil pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) terhadap struktur morfologi baja ST 60 yang telah dilakukan *coating* dengan metode *thermal spray* aluminium menunjukkan bahwa semakin besar tekanan yang digunakan maka lapisan yang dihasilkan semakin baik, karena terlihat jarang adanya porositas dan unmelt.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Jurnal ini dapat diselesaikan berkat bimbingan, motivasi, dan bantuan semua pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

- 1) Prof. Dr. Ir. Gito Sugiyanto, S.M., M.T., IPM., ASEAN Eng. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tidar.
- 2) Ir. Trisma Jaya Saputra, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Tidar.
- 3) Ir. Sri Hastuti, S.T., M.T., IPP. selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin S1 Fakultas Teknik Universitas Tidar sekaligus Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan sarannya.
- 4) Ir. Herru Santosa Budiono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan sarannya.
- 5) Seluruh dosen dan karyawan Program Studi Teknik Mesin S1 Fakultas Teknik Universitas Tidar.

- 6) Orang tua yang senantiasa mendukung dan mendoakan dalam semua kegiatan kuliah.
- 7) Teman-teman Teknik Mesin Angkatan 2019 yang telah memberikan motivasi dan dukungannya.

Semoga Allah SWT melimpahkan karunia-Nya, serta membalas kebaikan kepada seluruh pihak yang turut membantu dalam penyelesaian jurnal ini. Penulis menyadari dalam jurnal ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam perbaikan jurnal ini. Semoga jurnal ini dapat bermanfaat.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Y. K., Arief, I. S., & Amiadji. (2015). Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating.
- Aziz, G. F (2016). Pengaruh Jarak *Nozzle* Terhadap Ketahanan Korosi dan Ketahanan Abrasi Pada Proses Thermal Spray Aluminium Material API 5L Grade B
- Dwipayana, Widiyarta, I. M., & M. S. (2018). Kekerasan Baja Karbon Sedang dengan Variasi Suhu Permukaan Material. 44.
- Fitriyana, D. F., Nugroho, S., & Barutama, M. R. (2021). Pengaruh Tekanan Udara Pada Proses Pelapisan 95MXC Dengan Metode Twin Wire Arc Spray Terhadap Kekerasan dan Ketahanan Aus Pada Stainless Steel 304.
- Jatmiko, S., & Jokosisworo, S. (2021). ANALISA KEKUATAN PUNTIR DAN KEKUATAN LENTUR PUTAR POROS BAJA ST 60 SEBAGAI APLIKASI PERANCANGAN BAHAN POROS BALING-BALING KAPAL.