

PENGARUH LAPISAN UMPAN KAWAT SENG PADA BAJA KARBON DAN BAJA PERKAKAS DENGAN PROSES BUSUR LISTRIK

Rita Djunaidi

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas IBA.

Email:

ABSTRAK

Dalam penelitian ini dilakukan Proses Semprot Logam Busur Listrik dengan umpan Kawat Seng menggunakan variable logam dasar berbeda yaitu Logam Perkakas dengan Logam Karbon. Kekerasan Baja Perkakas 410 HV Sedangkan Baja Karbon mencapai 405 HV. Dari hasil penelitian Baja Perkakas lebih tinggi dibanding Baja Karbon laju Aus Deposit Logam Semprot dipengaruhi kekerasan.

Kata Kunci : *Umpan Kawat Seng, Baja Perkakas, Baja Karbon*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu metode untuk mendapatkan lapisan tahan aus adalah proses semprot logam. Proses semprot logam dapat digunakan untuk menghasilkan komponen-komponen tahan aus maupun untuk perbaikan. Pada proses perbaikan (repair), semprot logam digunakan untuk mengembalikan dimensi dari suatu komponen yang telah mengalami keausan.

Keunggulan dari proses semprot logam adalah:

1. Ukuran dan bahan yang dapat dilapisi tak terbatas.
2. Tidak terjadi pemanasan yang tinggi terhadap logam dasar.
3. Dapat menggunakan material pelapis *Non Weldability*.

Dalam penelitian ini dilakukan proses semprot pada logam dasar yang berbeda. Yaitu Baja Perkakas Pengerjaan Panas dan Baja Karbon (*Carbon Steels*), untuk mempelajari karakteristik hasil semprotnya. Dimana pada peristiwa keausan lebih mengutamakan kehandalan lapisan permukaan dari suatu material. Sehingga dapat diperkirakan kemungkinan untuk mengganti Baja Perkakas Pengerjaan Panas yang digunakan sebagai logam dasar dengan Baja Karbon yang secara ekonomis jauh lebih murah.

1.2. Tujuan Penelitian

1. Mempelajari karakteristik lapisan hasil semprot logam berupa sifat ketahanan aus, sifat kekerasan, dan struktur mikronya.
2. Membandingkan karakteristik lapisan hasil semprot logam pada material logam dasar yang berbeda sehingga dapat diprediksi nilai optimum dari tiap materialnya.
3. Memperkirakan kemungkinan Baja Karbon untuk menggantikan Baja Perkakas Pengerjaan Panas sebagai logam dasar hasil proses semprot logam untuk aplikasi komponen tahan aus.

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Pada penelitian ini akan dibandingkan karakteristik lapisan hasil semprot logam dari dua jenis logam dasar yang berbeda. Berupa sifat ketahanan aus, sifat kekerasan, dan struktur mikro hasil semprot antara logam dasar Baja Karbon dan Baja Perkakas. Material umpan yang digunakan sebagai material pelapis adalah seng yang berupa kawat.

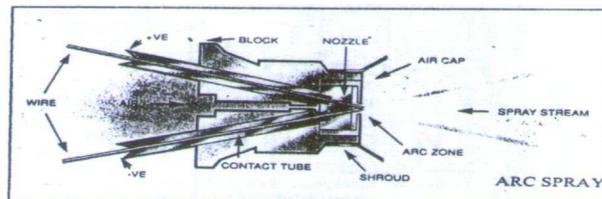
Proses penyemprotan dilakukan dengan proses semprot logam Busur Listrik. Pengujian yang dilakukan meliputi :

1. Pengujian kekerasan *Vickers*
2. Pengukuran ketebalan lapisan
3. Pengujian struktur mikro

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Proses Semprot Logam

Proses semprot logam dalam pengertian umum dipakai untuk mendefinisikan suatu kelompok proses penyemprotan atau pendepositan material logam atau non logam dasar untuk membentuk lapisan. Material pelapis dapat berupa kawat atau Serbuk. Alat penyemprot menggunakan Busur listrik, Nyala Api ataupun Busur Plasma yang akan menghasilkan panas untuk melelehkan material pelapis. Material pelapis berubah menjadi keadaan plastis atau cair ketika dipanaskan dan disemprotkan oleh penembak umpan ke dalam logam dasar. Partikel akan menumbuk logam dasar membentuk lapisan tipis yang terikat ke logam dasar dan terikat antar partikel itu sendiri. Partikel-partikel yang tersusun dan menjadi dingin dalam struktur lamellar akan membentuk lapisan. Material berkaitan dengan cara saling mengunci (*interlocking*). Kecepatan partikel, kekerasan material induk, ukuran partikel, komposisi kimia, tempratur partikel dan tempratur material induk akan mempengaruhi kekuatan ikatan material pelapis.



Gambar 2.1. Skema peralatan semprot busur

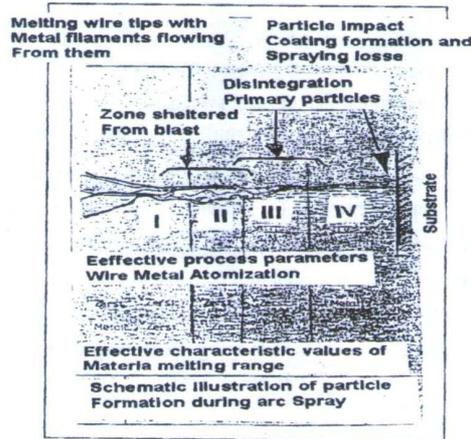
Pada saat ini ada lima jenis metoda proses semprot yang digunakan. Kelima metoda tersebut adalah :

1. Semprot Logam Busur Listrik Umpan Kawat (*Electric Arc Wire Spray*).
2. Semprot Logam Nyala Api Umpan Kawat (*Oxyfuel Wire Spray*).
3. Semprot Logam Busur Plasma Umpan Serbuk (*Plasma Arc Powder Spray*).
4. Semprot Logam Nyala Api Umpan Serbuk (*Oxyfuel Powder Spray*).
5. Semprot Logam Nyala Api Kecepatan Tinggi Umpan Serbuk (*High Velocity Oxyfuel Powder Spray*).

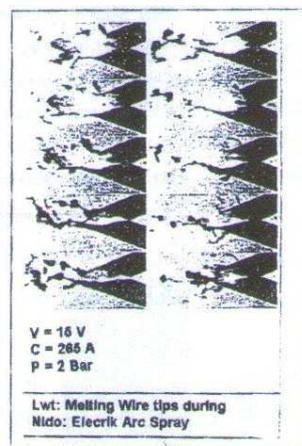
2.2. Proses Semprot Logam Busur Listrik

Sistim peralatan Semprot Busur Listrik terdiri dari senjata semprot, umpan bahan pelapis dalam bentuk logam, serta sebuah unit pengendali material umpan berupa logam, Sistim tersebut bekerja secara kompak. Dalam peralatan Semprot Busur listrik, elektroda-elektroda logam bersentuhan akan membentuk suatu busur nyala untuk memanaskan bahan pelapis hingga temperatur yang cukup tinggi sampai bahan tersebut lebur. Logam lelehan atomisasi melalui aliran gas dan disemprotkan keatas permukaan benda uji. Skema peralatan semprot busur dapat dilihat pada gambar 2.1.

Aliran partikel-partikel lelehan yang terbentuk bisa terdiri dari partikel-partikel yang relative besar atau tetesan halus yang diatomisasi, tergantung kepada proses atomisasi. Mekanisme pembentukannya dapat dilihat dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Skema ilustrasi dari pembentukan partikel selama penyemprotan dengan busur.



Gambar 2.3. Proses peleburan logam selama penyemprotan busur listrik

Gambar 2.3. mengilustrasikan perilaku peleburan logam. Perubahan berkala pada ukuran busur dalam hubungannya dengan penyemprotan dan peleburan atau pembentukan logam leburan dapat dilihat dengan jelas. Rancangan koordinasi parameter-parameter yang ada haruslah dioptimalkan untuk masing-masing bahan semprot. Partikel-partikel lelehan mencapai kecepatan sampai 150 m/detik dan dipanaskan sampai di atas titik leburnya dengan baik. Ukuran partikel dan fraksi partikel mempunyai rentang dari 5 μ m sampai 60 μ m tergantung kepada proses atomisasi dan bisa divariasikan sampai ketebalan dari 100 μ m sampai 800 μ m. Partikel-partikel yang disemprotkan menumbuk permukaan yang akan dilapisi, membeku dan membentuk lapisan semprot.

2.3. Mekanisme Pembentukan Deposit Lapisan

Secara garis besar mekanisme proses pelapisan dengan semprot logam busur listrik dapat dibagi menjadi empat tahap, yaitu :

1. Tahap peleburan material umpan
2. Tahap atomisasi logam cair
3. Tahap penyemprotan partikel halus logam cair
4. Tahap tumbukan dari partikel halus logam cair pada permukaan logam dasar yang akan dilapisi

Keadaan dari suatu tahap selalu dipengaruhi oleh tahap sebelumnya. Dengan mengetahui kemudian mempelajari keempat tahap mekanisme tersebut, maka dapat digunakan untuk mengatasi hambatan yang terjadi pada waktu operasi penyemprotan.

2.3.1. Tahap Pelebaran dari Materi Umpan

Tahap pelebaran dipengaruhi oleh kecepatan umpan dan temperatur semprot busur logam listrik, sedangkan kalau terjadi jalannya proses tidak seoptimal mungkin maka logam sebagai umpan secara otomatis akan terputus.

2.3.2. Tahap atomisasi dari logam cair

Logam cair akan diatomisasi oleh udara tekanan dari kompresor. Atomisasi dari logam cair sangat dipengaruhi oleh viskositasnya dan viskositas tersebut dipengaruhi oleh temperatur. Oleh karena itu diusahakan untuk bekerja pada temperatur yang optimal. Dengan menggunakan *abrasive* logam, maka unsur abrasif akan lebih lama. Karena *abrasive* logam dapat digunakan sampai ratusan kali selama ukuran partikel masih cukup memadai, Partikel *abrasive* ini bisa berbentuk bundar, pipih. *Blasting* dengan *abrasive grit* lebih efektif dibandingkan dengan *abrasive shot*. Kadang-kadang *abrasive grit* dan *shot* dicampurkan untuk menutupi kekurangan masing-masing abrasif tersebut. Abrasif mineral lebih murah dari *abrasive* logam, karena itu *abrasive* ini (pasir silika) banyak digunakan pada sistem persiapan permukaan.

2.3.3. Jarak Penyemprotan

Hal terpenting yang perlu diperhatikan selama proses penyemprotan adalah menjaga jarak alat semprot dengan permukaan logam dasar pada selang jarak yang tertentu untuk tiap jenis lapisan logam semprot. Umumnya jarak penyemprotan berkisar antara 76,2 - 203 mm tergantung pada tipe alat semprot, logam dasar dan material umpan.

2.3.4. Kecepatan Umpan Logam

Sama seperti jarak penyemprotan, kecepatan umpan logam pun perlu dijaga pada selang kecepatan yang diizinkan untuk tiap jenis lapisan logam semprot (seperti terlihat pada tabel 2.1.). Bila kecepatan pengumpanan logam begitu lambat atau tidak sesuai dengan kecepatan yang telah ditentukan maka secara otomatis kawat akan disemprotkan akan terputus.

Tabel 2.1. Kecepatan untuk meleburkan umpan

Unsur	Meter/detik
Pb	337
Sn	446
Zn	763
Al	1274
Cu	1046

2.3.5. Kecepatan Pergerakan Alat Semprot

Kecepatan pergerakan alat semprot pun harus diatur untuk mendapatkan hasil pelapisan yang baik. Umumnya kecepatan pergerakannya berkisar 8.4 - 66.7 m/menit tergantung material umpan, logam dasar dan jenis proses semprot logam nya. Jika pergerakan alat semprot begitu lambat, maka kawat umpan secara otomatis akan terputus.

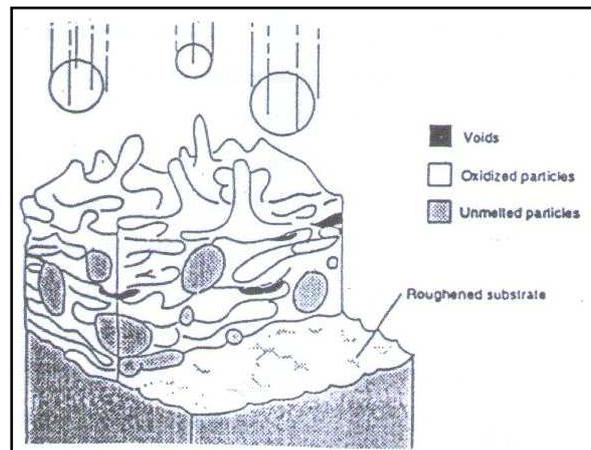
2.3.6. Suplai Udara

Kualitas dari udara tekan yang disuplai, yang dibutuhkan untuk atomisasi material umpan dan mendorongnya menuju permukaan logam yang akan disemprot merupakan faktor penting terhadap kualitas deposit lapisan. Minyak atau air yang berlebih dalam udara dapat mengakibatkan fluktuasi logam busur listrik sehingga menghasilkan atomisasi material umpan yang jelek dan tak seragam. Udara yang tidak bersih juga dapat mengakibatkan deposit lapisan menjadi rusak. Oleh karena itu sebuah penyaring (*filter*) selalu diletakkan di antara sumber udara dan alat semprot.

2.4. Sifat dan Karakteristik Deposit Lapisan

2.4.1. Struktur Mikro

Struktur mikro deposit lapisan logam semprot tidak homogen melainkan berupa partikel-partikel pipih yang berlapis-lapis. Porositas hampir selalu terdapat pada deposit lapisan dengan pori yang terisolasi atau saling berhubungan.



Gambar 2.4. Karakteristik lapisan semprot logam

Terjadinya oksida pada deposit lapisan disebabkan oleh pengaruh nyala api yang bersifat pengoksidasi. Partikel halus yang berada dalam keadaan panas selama perjalanan menuju permukaan material induk akan teroksidasi.

Pada proses semprot logam, deposit akan terkonsentrasi pada daerah pusat dan berkurang pada daerah tepinya. Struktur permukaan yang menjadi ciri khas proses semprot logam adalah bentuk lapisan yang berombak.

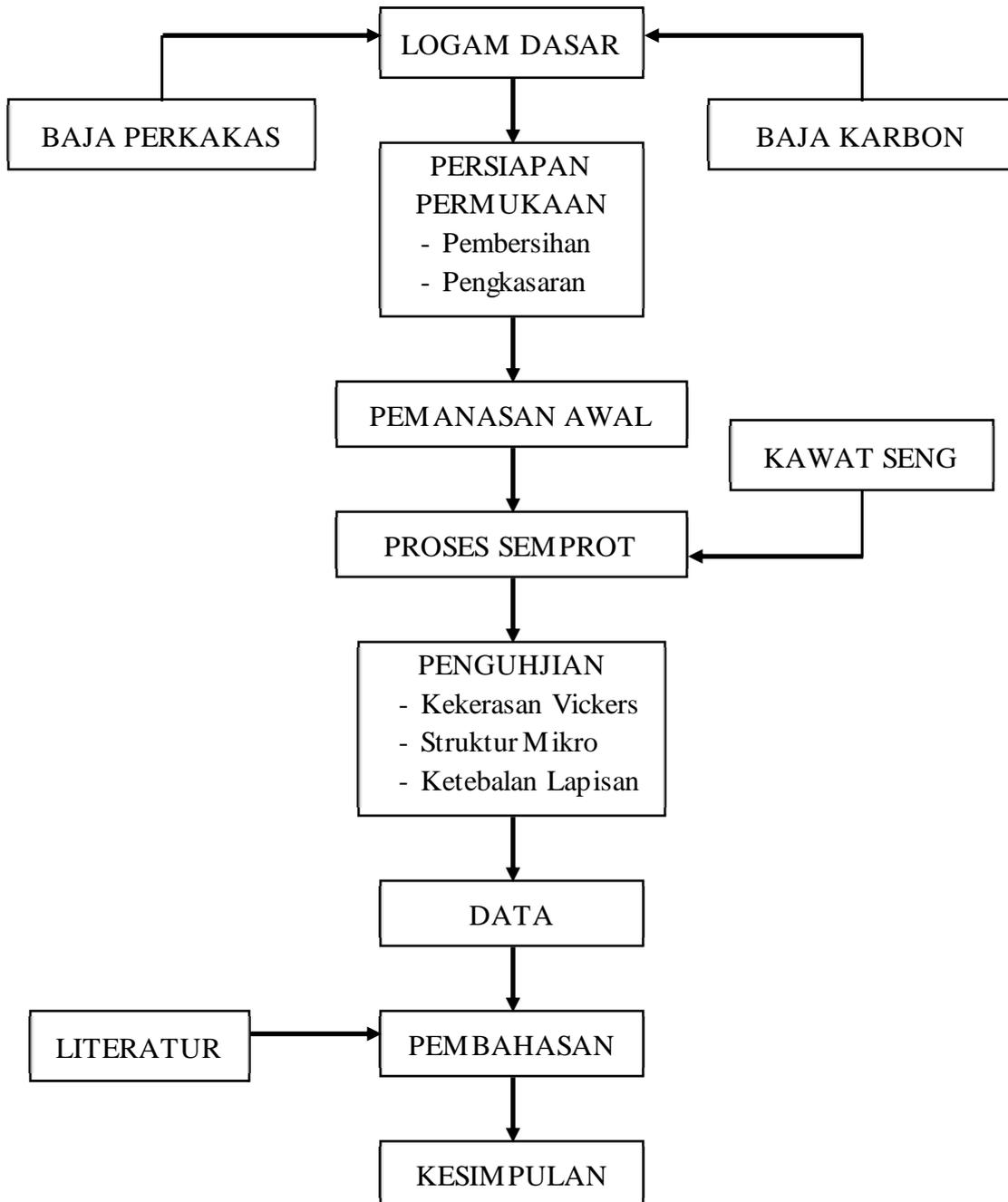
2.4.2. Kekerasan Logam Semprot

Logam semprot beserta paduannya tidak memiliki kekerasan yang sama dengan logam cor atau logam tempanya. Kekerasan dari deposit logam semprot sangat penting untuk meningkatkan penggunaan proses semprot logam dalam memperbaiki bagian-bagian yang aus atau rusak. Kekerasan dari deposit logam semprot sangat dipengaruhi oleh jumlah oksida dan porositas dari lapisan. Bahan yang berpori tinggi mempunyai ketahanan yang rendah terhadap penembusan /penekanan daripada bahan yang padat. Sedangkan partikel oksida yang ada didalam deposit cenderung untuk memberikan harga kekerasan yang tinggi. Pada baja dengan adanya oksida dalam akan menyulitkan pemesinan lapisan tersebut.

2.4.3. Densitas dan Porositas

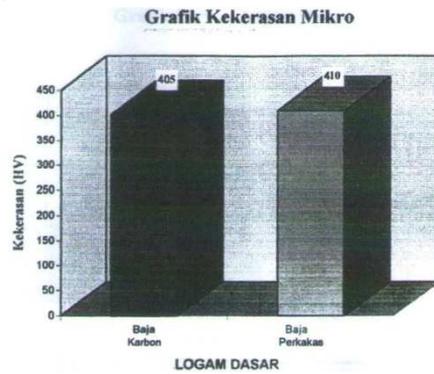
Partikel yang disemprotkan dengan kecepatan yang lebih besar dan sifat partikel yang lebih kental (viscous) akan memberikan struktur lapisan dengan kepadatan yang baik. Pori terjadi pada batas butir dengan diameter yang bervariasi mulai dari $20\ \mu\text{m}$ - $100\ \mu\text{m}$. Porositas pada lapisan dihubungkan dengan pembebasan oksigen, nitrogen dan hidrogen yang disebabkan kelarutannya yang semakin menurun dengan berkurangnya temperatur. Gas-gas yang terlarut dapat keluar ke udara bebas (porositas terbuka) atau terjebak dalam rongga mikro (porositas tertutup). Porositas mempengaruhi tercapainya densitas lapisan yang maksimum dan dalam sebagian kasus porositas tak dapat dihilangkan walaupun panas yang diberikan telah mencukupi.

3. METODE PENELITIAN

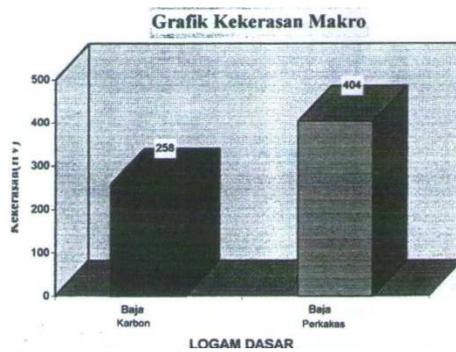


Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

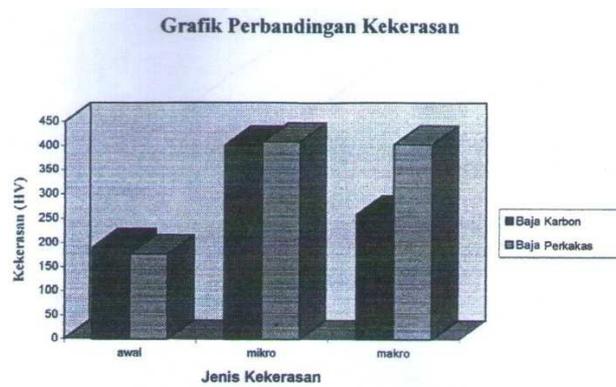
4. HASIL PENELITIAN



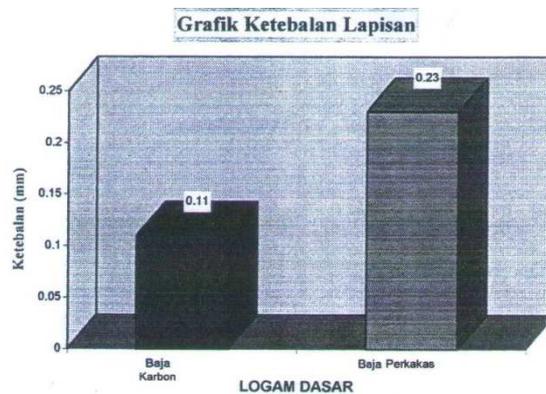
Gambar 4.1. Grafik Kekerasan Mikro



Gambar 4.2. Grafik Kekerasan Makro



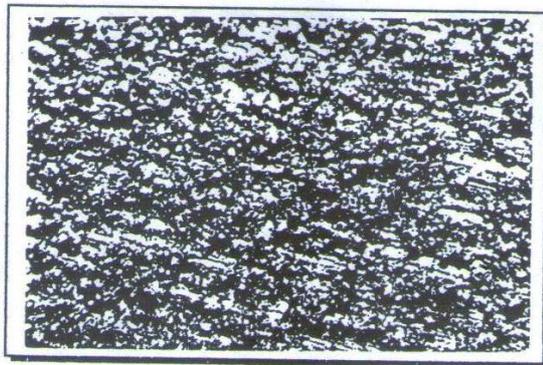
Gambar 4.3. Grafik Perbandingan Kekerasan



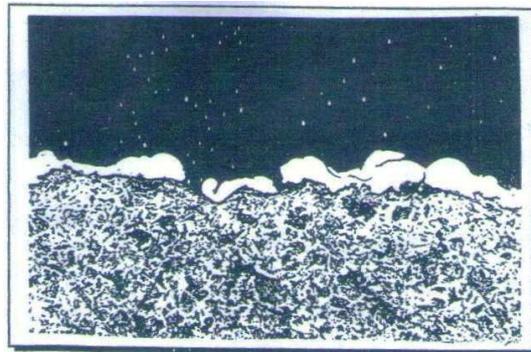
Gambar 4.4. Grafik Perbandingan Kekerasan



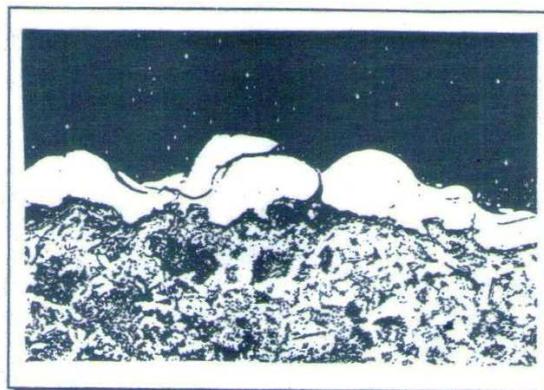
Gambar 5.5. Foto Struktur Mikro Awal Baja Karbon (500x)



Gambar 5.6. Foto Serbuk Hasil Penyemprotan Pada Baja Karbon (25x)



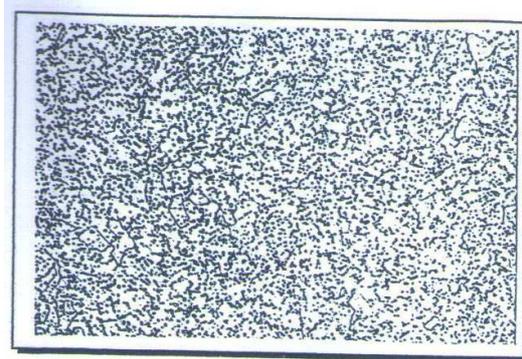
Gambar 5.7. Foto Struktur Lapisan Serbuk Pada Baja Karbon (100x)



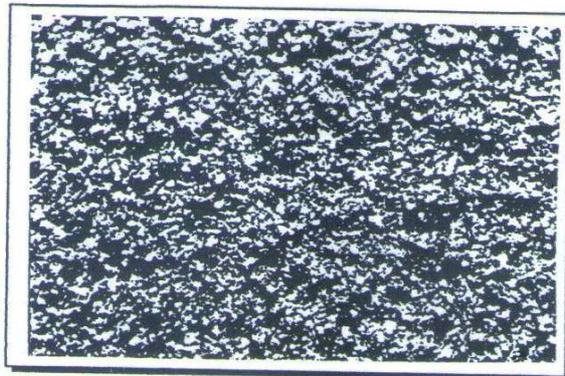
Gambar 5.8. Foto Struktur Lapisan Serbuk Pada Baja Karbon (200x)



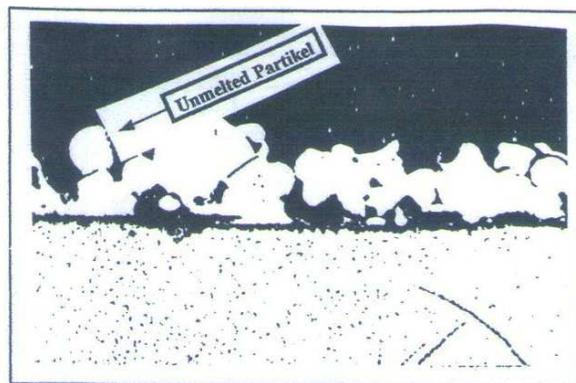
Gambar 5.9. Foto Struktur Lapisan Serbuk Pada Baja Karbon (500x)



Gambar 5.10. Foto Struktur Mikro Awal Baja Perkakas (500x)



Gambar 5.11. Foto Serbuk Hasil Penyemprotan Pada Baja Perkakas (25x)



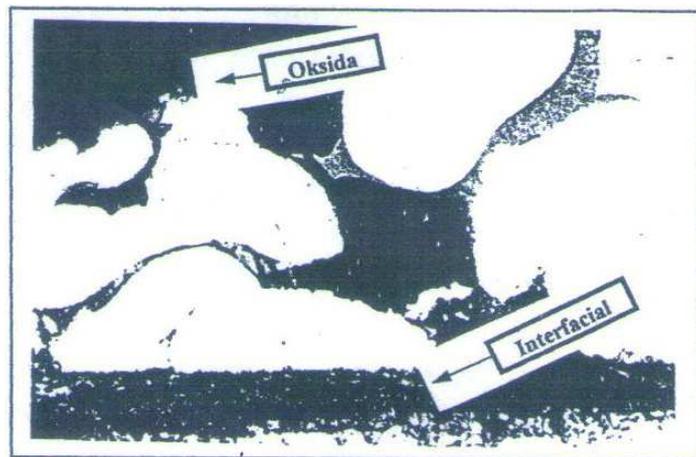
Gambar IV.12. Foto Struktur Lapisan Serbuk Pada Baja Perkakas (100x)



Gambar 5.12. Foto Struktur Lapisan Serbuk Pada Baja Perkakas (100x)



Gambar 5.13. Foto Struktur Lapisan Serbuk Pada Baja Perkakas (200x)



Gambar 5.14. Foto Struktur Lapisan Serbuk Pada Baja Perkakas (500x)

5. PEMBAHASAN

5.1. Kekerasan

5.1.1. Kekerasan Mikro

Dengan melihat gambar 4.1 grafik kekerasan mikro, kekerasan lapisan serbuk pada Baja Perkakas mencapai 410 HV sedangkan pada Baja Karbon mencapai 405 HV, Hal ini tidak jauh berbeda dengan spesifikasi standar untuk kawat Seng bahwa kekerasannya dapat mencapai 42 HRC (sekitar 415 HV) setelah mengalami fusing. Tingkat kekerasan yang tinggi ini didapat dari komposisi material kawat Seng yang saling bereaksi dan bersifat Self-flusing. Kawat Seng merupakan material pelapis yang mengalami Self-flusing material yang mengandung unsur yang akan bereaksi dengan Oksigen atau Oksida untuk membentuk Oksida yang lain dengan berat jenis ringan yang akan melekat pada permukaan. Sehingga akan meningkat kekerasannya, Rapat Jenis (Density) dan kekuatan ikatan (2) Kekerasan juga sangat dipengaruhi oleh kandungan pori pada deposit. Adanya pori akan menurunkan kekerasan deposit logam semprot.

5.1.2. Kekerasan Makro

Dengan melihat gambar IV,2 grafik kekerasan makro, untuk kekerasan makro logam hasil semprot pada Baja Perkakas didapat kekerasan 403,82 HV sedangkan pada Baja Karbon adalah 258,135 HV.

Dengan membandingkan kekerasan makro yang didapat oleh Baja Perkakas dengan Baja Karbon, terlihat kekerasan makro pada Baja Karbon lebih rendah. Hal ini terjadi karena ketebalan deposit logam semprot pada Baja Karbon lebih rendah daripada ketebalan deposit pada Baja Perkakas. Ketebalan deposit pada Baja Karbon adalah 0,11 mm, sedangkan pada Baja Perkakas mencapai 0,23mm. Kekerasan makro menggunakan beban yang besar dan indentasi mengenai deposit maupun logam dasar. Hal ini menjadikan deposit logam semprot pada Baja karbon tidak mencukupi untuk menahan indentasi yang besar. Sehingga kekerasannya lebih rendah.

Dengan melihat gambar IV.3 grafik perbandingan kekerasan logam hasil semprot, nampak terjadi peningkatan kekerasan dibandingkan kekerasan logam awalnya. Peningkatan kekerasan ini dihasilkan oleh Kawat Seng sebagai pelapis yang memiliki kekerasan tinggi, Kekerasan yang tinggi sangat diperlukan dalam aplikasi komponen tahan aus.

5.1.3. KETEBALAN LAPISAN SEMPROT LOGAM

Dari gambar IV.4 grafik ketebalan lapisan semprot, ketebalan rata-rata lapisan semprot pada Baja Perkakas adalah 0,23mm. Sedangkan ketebalan rata-rata lapisan semprot untuk Baja Karbon adalah 1,11mm. Ketebalan lapisan hasil semprot logam dipengaruhi oleh proses penyemprotan yang dilakukan. Umumnya pada proses penyemprotan logam, tumbukan partikel serbuk menuju logam dasar akan terkonsentrasi pada daerah pusat dan makin berkurang secara radial ke arah luar. Dengan bertambahnya jarak semprot, luas daerah pusat akan semakin kecil sementara total luas bidang penyemprotan menjadi lebih luas sehingga ketebalan lapisan akan berkurang. Penurunan ketebalan lapisan semprot juga dipengaruhi oleh kecepatan partikel serbuk menuju permukaan logam dasar. Kecepatan yang rendah menjadikan kekuatan ikatan partikel yang lemah, sehingga banyak partikel Kawat Seng yang terlepas.

5.1.4. STRUKTUR MIKRO LAPISAN LOGAM SEMPROT

Pada foto serbuk hasil penyemprotan yang diambil dari arah gambar 4.6 dan gambar 4.11 (perbesar 25x) nampak struktur permukaan yang kasar. Terdiri dari serbuk yang telah mencair maupun yang tidak sempat mencair (unmelted particles), Dan untuk partikel yang telah mencair tidak bulat lagi, melainkan seperti gelombang. Hal ini terlihat pada lapisan Baja Perkakas maupun Baja Karbon.

Sedangkan pada foto struktur mikro lapisan serbuk yang diambil dari arah penampang lapisan semprot, gambar 4.7, 4.8, 4.9 dan gambar 4.12, 4.13, 4.14 (perbesaran 100x, 200x, dan 500x), menunjukkan gambaran struktur partikel yang berombak berbentuk lamel-lamel dengan arah sejajar permukaan logam induk. Struktur ini merupakan ciri dari proses pelapisan semprot logam, dimana partikel yang awalnya bulat berubah menjadi pipih.

Partikel yang memipih ini dibungkus oleh oksida-oksida yang terbentuk ketika partikel melayang berinteraksi dengan lingkungan luar, juga adanya sifat *self fluxing* dari material serbuk. Oksida ini akan nampak keabu-abuan. Selain itu terlihat pula porositas dengan berbagai ukuran berwarna hitam.

Tingkat pembentukan oksida dipengaruhi oleh jarak penyemprotan, dimana semakin jauh jarak semprot maka oksida yang terbentuk akan semakin banyak. Material Kawat Seng yang bersifat *self fluxing* mengandung unsur yang akan bereaksi dengan oksigen atau oksida untuk membentuk oksida dengan berat jenis rendah, sehingga akan menempel pada permukaan.

Terjadinya porositas pada deposit logam semprot karena adanya pembebasan oksigen, nitrogen dan hidrogen yang disebabkan kelarutannya semakin menurun dengan berkurangnya temperatur. Gas-gas yang terlarut dapat ke luar ke udara (porositas terbuka) atau terjebak dalam rongga mikro (porositas tertutup).

Untuk material pelapis *spray* dan *fuse* (*spray and fuse coatings*) seperti kawat Seng, dengan adanya pemanas lebih lanjut (*fusing*) akan meningkatkan kerapatan sehingga porositas akan berkurang.

Pada bagian antar muka (*interfacial*) terjadi ikatan antara logam semprot dengan permukaan logam induk. Mekanisme ikatannya adalah mekanisme ikatan saling mengunci (*interlocking*) antara permukaan yang logam induk dan logam semprot. Partikel semprot yang melayang dan bergerak dengan kecepatan tertentu ketika menumbuk permukaan logam dasar akan pecah dan tersebar.

Penyebaran yang cepat dari partikel cair pada permukaan logam induk yang kasar dan terjadinya pendinginan partikel semprot yang cukup cepat, menjadikan terbentuk ikatan saling mengunci (*interlocking*).

Dengan membandingkan secara keseluruhan hasil pengujian yang dilakukan pada deposit logam semprot pada logam dasar Baja Karbon dan pada Baja perkakas memungkinkan untuk menggantikan Baja Perkakas dengan Baja Karbon. Penggantian logam ini digunakan untuk aplikasi komponen tahan aus.

6. KESIMPULAN

1. Kekerasan rata-rata hasil pelapisan dengan Umpan Kawat Seng pada logam dasar Baja Perkakas adalah 410 HV, sedangkan pada Baja Karbon adalah 405 HV.
2. Ketebalan lapisan semprot rata-rata lapisan semprot pada baja perkakas 0,23 mm, ketebalan baja karbon lebih tipis 0,11 mm.

DAFTAR PUSTAKA

ASM Handbook Vol 5, "Surface Engineering", ASM International, Material Park, 1994.

Avner, Sidney, *Introduction to Physical Metallurgy*, 2nd, McGraw-Hill, NewYork, 1975.

Ballard, W.E, *Reclamation by Metal Spraying*, *British Welding Journal*, April, 1990.

Halling, J, "Principles of Tribology", Mac Millan Education Ltd.

Hutchings, IM, *Tribology : "Friction and Wear of Engineering Material"s*, 1992.

Ingham, H.S, and Shepard, AP, *Metco Flame Spray Handbook*, 8th Ed Vol 1. “Wire Process”, Metco Inc, New York, 1964.

Karim, Indiarito, *Pelapisan Dengan Semprot Logam*, LMN LIPI, Juni 1979.

Kragelskii, IV, “*Function and Wear*”, Butterworth and Co, 1985.

Kushner, Button A and Edward R Novinski, *Thermal Spray Coating*, Perkin-Elmer Corporation, Metco Division.

Metal Handbook, 8th Ed Vol 10, “*American Society Metals*”, Ohio, 1975.

Metal Handbook, 9th Ed Vol 13, “*Corrosion*”, American Society For Metals, Ohio, 1975.

Osborn, A.J, *Powder Delivery*. “*System and Metal Powder Technology*”, Glass Industry Seminar, Jakarta, November 1980.