

PENGARUH PELAPISAN SERBUK STELITE 6 DENGAN PROSES LOGAM NYALA API OKSI ASETELIN TERHADAP KETAHANAN AUS

Rita Djunaidi

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas IBA.

Email :

ABSTRAK

Kedua logam dasar yaitu baja *Tool Steel ASSAB XW-10* dan baja *Mild Steel* dilapisi serbuk *Stellite-6* terjadi peningkatan kekerasan dari 217 HV menjadi 378 HV untuk lapisan baja *Tool Steel ASSAB XW-10* dan sebesar 157 HV menjadi 421 HV untuk lapisan baja *Mild Steel*. Demikian pula untuk kekerasan makro juga mengalami peningkatan kekerasan sebesar 659 HV dan 241 HV pada lapisan baja *Tool Steel ASSAB XW-10* dan baja *Mild Steel*. Berdasarkan data hasil penelitian terlihat untuk pengujian keausan bahwa baja *Tool Steel ASSAB XW-10* memiliki nilai laju aus yang rendah dibanding dengan baja *Mild Steel* pada tiga kondisi yang berbeda yaitu kecepatan, beban dan jarak luncur, ini menunjukkan bahwa lapisan baja *Tool Steel ASSAB XW-10* memiliki daya tahan terhadap keausan dimana kontak permukaan antara lapisannya dengan permukaan logam dasar terlihat baik. Bila diperbandingkan sifat kedua lapisan, lapisan baja *Tool Steel ASSAB XW-10* memiliki sifat kekerasan makro dan laju aus yang baik dibanding lapisan pada baja *Mild Steel*.

Kata Kunci : Serbuk *Stellite-6*, baja *Tool Steel ASSAB XW-10*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada dewasa ini industri otomotif telah berkembang secara pesat mulai dari pembuatan kerangka mobil, rancang mesin sampai dengan pembuatan komponennya. Untuk itu semua, diperlukan adanya mesin-mesin untuk kelancaran proses dalam menghasilkan produk otomotif. Diantaranya adalah mesin proses *Die Casting* dalam menghasilkan komponen otomotif dengan bahan aluminium. Dalam proses *Die Casting* ini terdapat suatu masalah dimana bagian komponen mesin *Die Casting* yaitu pada saluran keluar (*Plunger Sleeve*) yang terbuat dari bahan baja *Tool Steel 8407 S* telah diproses *Plasma Nitriding* mengalami keausan karena aliran logam aluminium cair. Dengan adanya kerusakan ini akan mengakibatkan pembiayaan reparasi yang mahal dan kegiatan produksi terhenti karena komponen ini harus dipesan dari luar negeri serta membutuhkan waktu yang lama.

Untuk alasan itulah maka akan dicoba salah satu metode perlakuan permukaan (*Surface Treatment Methode*) yaitu proses semprot logam (*Thermal Spray*) dimana menggantikan material logam *7501 Steel* dengan material *Mild Steel* yang dilapisi serbuk *Stellite-6* dengan metode proses semprot logam nyala api *oksi-asetilen* yang menghasilkan komponen mesin dengan spesifikasi yang sama dan bahan yang lebih ekonomis.

Keunggulan pemakaian proses semprot logam diantaranya adalah karakteristik serbuk hasil lapisan diperkirakan dapat mencapai atau menyamai hasil pada proses plasma nitriding, tidak terjadi pemanasan yang tinggi terhadap logam dasar, ukuran dari bahan yang dapat dilapisi tidak terbatas dan dapat menggunakan material umpam yang tidak dapat di las.

1.2. Tujuan Penelitian

Dalam penelitian ini tujuan yang hendak dicapai adalah mendapatkan nilai kekerasan, keausan, tebal lapisan dan sifat struktur mikro yang menghasilkan kekuatan mekanis yang tinggi pada deposit logam hasil semprot antara material logam induk baja *ASSAB XW-10* dan baja karbon rendah *Mild Steel*.

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua jenis material logam induk yaitu baja *ASSAB XW-10* dan baja karbon rendah *Mild Steel*, material umpan berupa serbuk *Stellite-6* serta proses penyemprotan dengan semprot logam nyala api *oksi-asetilen (Fzaine Spraying)*.

Penelitian ini dibatasi pada :

1. Pengujian distribusi kekerasan deposit hasil semprot logam.
2. Pengujian keausan deposit hasil semprot logam.
3. Pengujian tebal lapisan deposit hasil semprot logam.
4. Pengujian struktur mikro deposit hasil semprot logam.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Semprot Logam

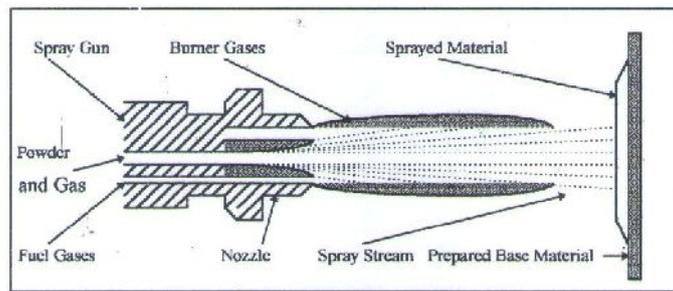
Semprot logam dibagi tiga bagian berdasarkan panas yang dihasilkan yaitu :

1. Semprot logam nyala api (*Flame Spraying*).
2. Semprot logam busur listrik (*Arc Spraying*).
3. Semprot logam plasma (*Plasma Spraying*).

Pemilihan proses semprot logam tergantung oleh sumber panas yang digunakan, jenis alat, dan material umpan yang digunakan.

2.2 Semprot Logam Nyala Api Umpan Serbuk (*Powder Flame Spraying*)

Proses ini merupakan salah satu metode pelapisan logam dasar dengan menggunakan material umpan berupa serbuk sedangkan bahan bakar yang digunakan dapat berupa oksigen-asetilen, oksigen-hidrogen, dan oksigen-propana. Untuk mendapatkan suatu lapisan pada permukaan logam induk maka material umpan tadi dimasukkan kedalam alat semprot dengan menggunakan prinsip gerak jatuh bebas serbuk umpan kemudian serbuk terumpan ke unit penembak (*Gun*) dan dibawa ke lubang unit penembak (*Gun Nozzle*) dan akan melebur akibat panas dari pembakaran bahan bakar, yang kemudian teratomisasi oleh udara yang bertekanan dan melalui alat semprot disemprotkan ke permukaan logam dasar.



Gambar 2.1 Proses semprot logam nyala api umpan serbuk

2.3 Tahap Tahap Proses Penyemprotan

2.3.1 Tahap persiapan: logam Induk

Kebersihan dan kekasaran permukaan logam induk sangat mempengaruhi ikatan antara logam induk dengan lapisan hasil semprot. Permukaan logam induk harus bersih dari lemak, kotoran yang terperangkap, karat, dan minyak dimana kotoran ini akan mengurangi kemampuan ikat antara logam induk dengan lapisan hasil semprot.

Permukaan logam induk yang kasar justru lebih baik kemampuan ikatannya dibanding permukaan logam induk yang halus, karena pada permukaan logam induk yang kasar terjadi mekanisme saling mengunci (interlocking) antara logam induk dengan lapisan hasil semprot.

Pembersihan permukaan logam induk dapat dilakukan dengan cara mencelupkan kedalam larutan seperti *Aseton*, *Metil Etil Keton* dan *Trikloro Etana* yang kemudian dikeringkan.

Pengkasaran permukaan dilakukan dengan penyemprotan partikel abrasi seperti *Silikon Karbida*, *Aluminium Oksida* atau pengerindaan pada permukaan logam induk dengan ukuran kekasaran tertentu. Setelah proses penyemprotan, permukaan logam induk harus dalam keadaan bersih.

2.3.2 Tahap Pemanasan Awal Logam Induk

Pemanasan awal logam induk dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan kondensat yang terdapat pada permukaan logam dan menghindari adanya gradien temperatur. Pemanasan ini menggunakan berkas atau nyala dari suatu unit penembak sebelum dialiri oleh material umpan.

2.3.3 Tahap Penyemprotan Material Umpan

Penyemprotan material umpan dilakukan setelah seluruh logam induk mengalami pemanasan awal. Material umpan dialirkan ke inti alat penyemprot dan kemudian ditembakkan ke logam induk. Tahap penyemprotan ada dua cara yaitu penyemprotan material serbuk ke permukaan logam induk dan setelah itu dilakukan pemanasan terhadap serbuk yang berada pada permukaan logam induk.

2.3.4 Tahap Pengerjaan Akhir

Lapisan yang dihasilkan dari proses semprot logam umumnya kasar dan mengandung porositas. Supaya dihasilkan permukaan logam yang memenuhi penggunaannya maka perlu dilakukan pemesinan. Selama pemesinan harus dilakukan dengan hati-hati agar lapisan logam semprot tidak rusak.

2.3.5 Jarak Penyemprotan

Jarak penyemprotan adalah jarak antara unit penembak dengan logam induk. Jarak semprot diusahakan tetap konstan. Jarak semprot mempengaruhi temperatur logam induk. Jarak penyemprotan yang terlalu dekat menyebabkan logam induk menjadi terlalu panas dan partikel serbuk tersebar, akibatnya memiliki kepadatan yang rendah. Ketika digunakan serbuk yang memiliki butir kasar, diperlukan jarak penyemprotan yang lebih panjang untuk kesempatan suluh plasma mencairkan serbuk.

2.4 Keausan

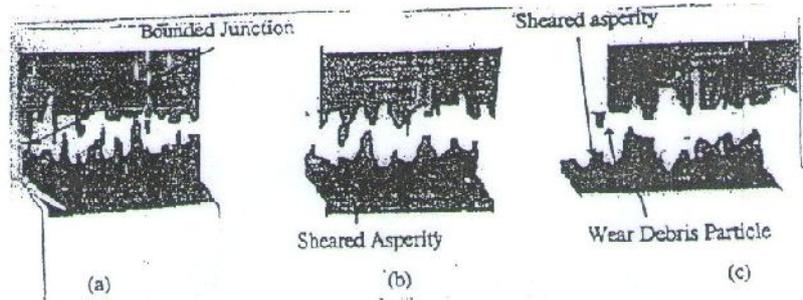
Keausan didefinisikan sebagai kehilangan materi dari permukaan material akibat permukaan yang bergesekan, yang besarnya tergantung gaya-gaya fisik dan kimia yang bekerja pada permukaan, kondisi permukaan dan juga tergantung pada bahan yang digunakan. Keausan diklasifikasikan menjadi empat bagian yaitu :

1. Keausan adhesif.
2. Keausan abrasif.
3. Keausan korosif.
4. Keausan lelah permukaan.

Mekanisme terjadi keausan jarang merupakan kejadian yang tunggal, tetapi sering terjadi satu keausan berubah ke jenis yang lain dan bahkan juga dua mekanisme terjadi secara bersamaan, misalnya adanya keausan adhesif dan keausan korosif dapat menyebabkan terjadinya keausan abrasif.

2.4.1 Keausan Adhesif

Syarat terjadinya keausan adhesif adalah bila permukaan-permukaan bersinggungan dan mengakibatkan tekanan pada puncak-puncak kekasaran cukup tinggi sehingga mengakibatkan terjadinya deformasi plastis lokal, kemudian dengan adanya gaya-gaya horisontal yang saling berlawanan, maka akan terjadi pelepasan materi dari permukaan bahan yang lunak. Gambar dibawah memperlihatkan mekanisme keausan adhesif antara dua permukaan yang saling bersinggungan dan bergerak relatif. Pada gambar (a) terlihat adanya peletakan antara puncak-puncak kekerasan. Dengan adanya pergerakan atau pergeseran permukaan, maka sebagian puncak kekerasan yang lebih lunak yaitu sisi atas.



Gambar 2.2 Keausan adhesif

Pada gambar akan melekat pada puncak kekasaran yang lebih keras (b). Dengan berlanjutnya geseran, bagian puncak kekasaran yang melekat tersebut akan terlepas akibat dampak dari puncak kekasaran yang lebih besar didekatnya (c).

Keausan adhesif ini sering dijumpai pada permukaan yang bersih secara kimia tanpa adanya oksida pelindung sehingga sering yaitu pada permukaan logam dengan logam.

2.4.2 Keausan Abrasif

Keausan abrasif terjadi bila ada permukaan yang lebih kasar dan keras meluncur pada permukaan yang lebih lunak dan melakukan penetrasi dan akibatnya akan timbul celah keausan pada permukaan yang lebih lunak, Permukaan yang keras itu dapat berupa permukaan dari suatu benda ataupun suatu partikel abrasif, Bila permukaan benda keausan yang terjadi adalah keausan abrasif dua benda sedangkan bila permukaan partikel benda maka akan terjadi keausan abrasif tiga benda dimana partikel abrasif berada bebas diantara kedua permukaan yang meluncur.

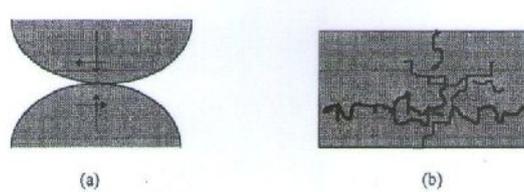
Gambar (a) memperlihatkan keausan abrasif tiga benda, partikel abrasif terletak diantara dua permukaan yang meluncur. Beban yang diberikan tidak diterima secara langsung oleh partikel abrasif. Keausan abrasif terjadi dikedua permukaan yang meluncur tersebut, sedang pada keausan dua benda hanya terjadi pada satu permukaan saja, yang ditunjukkan pada gambar (b) dengan adanya gaya horisontal kekanan, permukaan benda yang lebih keras dan kasar akan menggesek permukaan benda yang lebih lunak. Beban normal akan diterima langsung oleh benda yang bersifat abrasif.

2.4.3 Keausan Korosif

Keausan korosif merupakan keausan yang disebabkan karena pengaruh lingkungan, terutama pada lingkungan korosif. Dengan adanya interaksi dengan lingkungan yang merupakan tahap pertama proses dan kemudian hasil reaksi tersebut akan terbentuk dipermukaan. Tahap selanjutnya terjadi keausan pada hasil reaksi baik keausan adhesi maupun keausan abrasi tahapan proses tersebut berlangsung secara berulang-ulang.

2.4.4 Keausan Lelah Permukaan

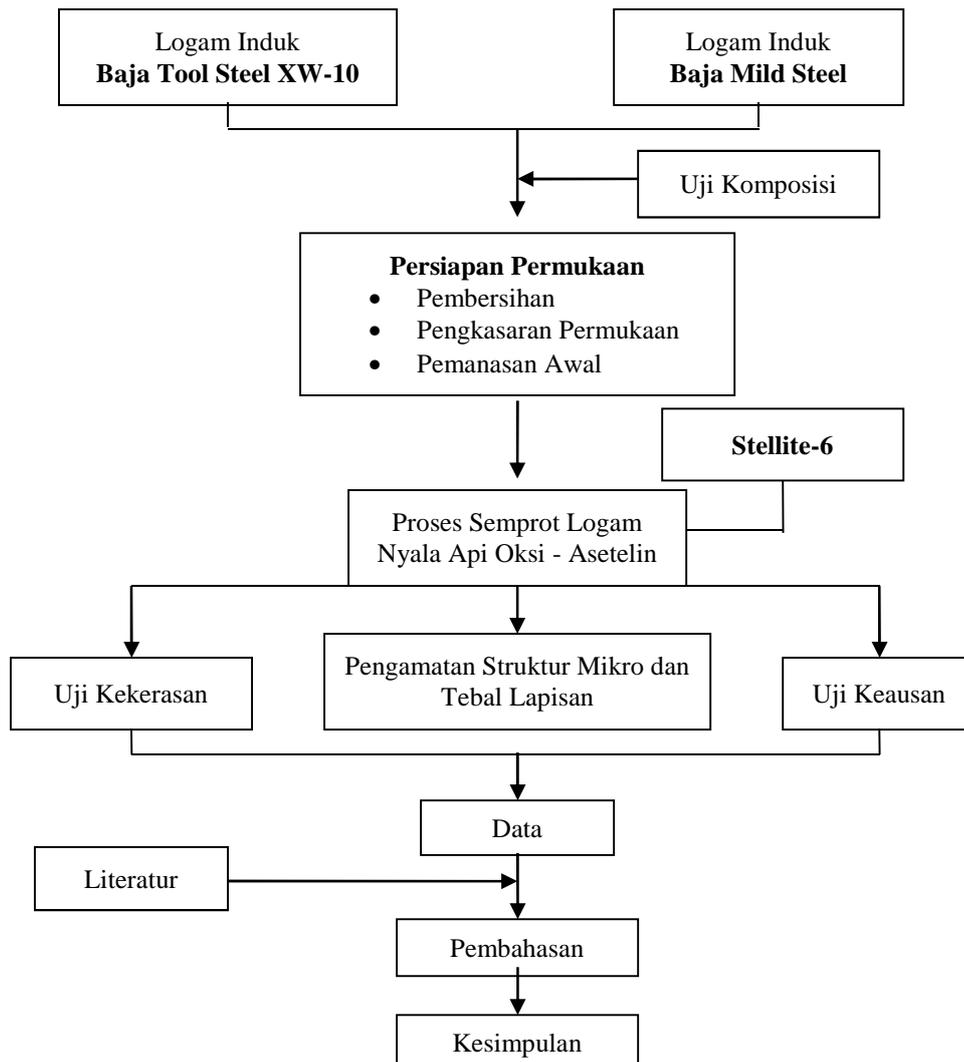
Syarat terjadinya keausan lelah permukaan adalah bila permukaan kontak mengalami tegangan yang berulang-ulang atau berubah-ubah, retak-retak kecil yang bermula pada permukaan atau sub-permukaan berlaku sebagai konsentrasi tegangan pada proses lelah. Sifat keausan lelah permukaan dapat dilihat pada gambar 2.10 terlihat pada gambar (a) merupakan kontak permukaan karena pembebanan yang berubah-ubah, sedangkan pada gambar (b) terjadi retakan halus dimana terjadi konsentrasi tegangan.



Gambar 2.3 Keausan Lelah Permukaan

3. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



3.2 Material

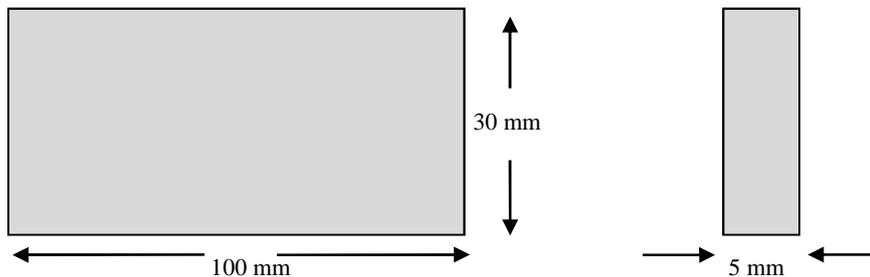
3.2.1 Logam Induk

Pada penelitian ini menggunakan dua material logam induk yaitu baja ASSAB XW-10 dan baja karbon rendah *Mild Steel* yang sifat dan komposisinya sebagai berikut :

1. Baja ASSAB XW-10

Tabel 3.1 Komposisi kimia baja ASSAB XW-10.

Unsur	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
Komposisi Kima (%)	1.0	0.2	0.6	5.3	1.1	0.2
Standar Spesifikasi	AISI A2, BA2, W, Nr 1.2363					
Kondisi Dasar	Anneal Lunak, Kekerasan 215 HB					
Kode Warna	Merah atau Hijau					



Gambar 3.1 Bentuk Sampel Penyemprotan

Baja ini mempunyai sifat :

- a) Mampu dimesin (*Good Machinability*)
- b) Memiliki tingkat kompresif strength yang tinggi (*High Compressive Strength*)
- c) Kemampuan hardenability yang tinggi (*Good Hardenability*)
- d) Tahan Aus (*Good Wear Resistance*)

2. Baja Karbon Rendah *Mild Steel*

Tabel 3.2 Komposisi kimia baja karbon rendah *Mild Steel*.

Unsur	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
Komposisi Kima (%)	0.116	0.382	1.39	0.0705	0.0106	0.001

3.2.2 Serbuk *Stellite-6*

Tabel 3.2 Komposisi kimia baja karbon rendah *Mild Steel*.

Unsur	Co	Cr	C	W	Mo	Ni	Si	Fe	Mn
Komposisi Kima (%)	Balance	28.0	1.20	5.0	-	3.0 Max	1	2.5 Max	1.0

Serbuk *Stellite-6* memiliki nilai kekerasan yang bervariasi terhadap temperatur yaitu pada temperatur 20°C kekerasan sebesar 42 HRC, temperatur 400°C kekerasan sebesar 34 HRC, dan pada temperatur 600°C kekerasan lebih kecil dari 20 HRC. Serbuk *Stellite-6* ini memiliki ukuran 180/53 mikron dan digunakan untuk lapisan yang tahan erosi, proses termal, dan korosi.

3.3 Pengujian

3.3.1 Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan pada permukaan benda uji dengan menggunakan metode kekerasan Vickers. Prinsip pengujian adalah dengan menghitung perbandingan beban yang digunakan terhadap luas daerah tekan. Penjejakan dilakukan pada lima titik yang berbeda. Kekerasan Vickers didapat dengan rumus.

$$VHN = \frac{1.854}{d^2} P$$

Dimana, VHN = Nilai Kekerasan Vickers
 P = Beban, Kg
 d = Diagonal rata-rata jejak, mm

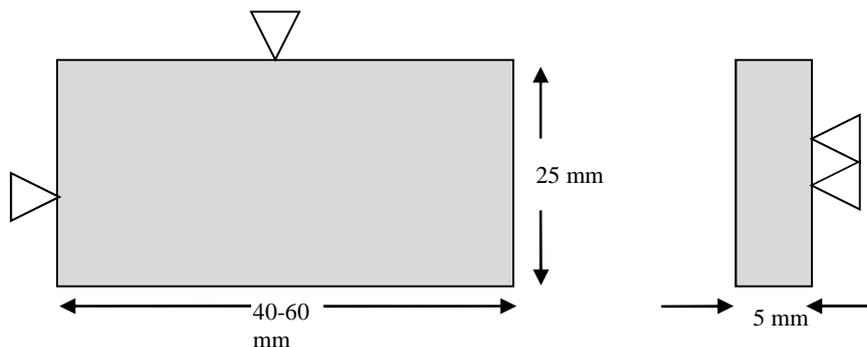
3.3.2 Keausan

Pengujian keausan menggunakan alat uji *Ogoshi High Universal Wear Testing* di Jurusan Metalurgi FTUI. Prinsip pengujian adalah mengukur panjang jejak (b) yang terbentuk akibat gesekan yang terjadi antara cincin putar dan permukaan benda uji. Mesin uji keausan diatur dengan variasi kondisi jarak luncur, rasio gigi kecepatan dan pembebanan yang konstan.

Setelah diukur panjang jejak keausan, maka dilakukan perhitungan laju keausan :

$$W = \frac{B \cdot b^3}{l}$$

Dimana, W = Laju Keausan (mm³/mm)
 B = tebal cincin putar (mm)
 r = jari-jari cincin (mm)
 b = panjang jejak (mm)
 l = jarak luncur (mm)



Gambar 3.2 Ukuran benda uji keausan

3.3.3 Pengamatan Struktur Mikro Dan Pengukuran Ketebalan Lapisan

Benda uji dilakukan proses mounting dan pengetsaan dengan menggunakan larutan Nital 2% (alkohol 95% = 100 ml, HNO₃ 0,5% = 2 ml) dan selanjutnya dilakukan pengamatan struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik pada perbesaran 100, 200 dan 500 kali. Setelah dilakukan proses pemotretan terhadap penampang irisan struktur mikro, juga dilakukan pengukuran ketebalan lapisan deposit pada sepuluh titik yang berbeda.

4. DATA HASIL PENELITIAN

4.1 Kekerasan Mikro

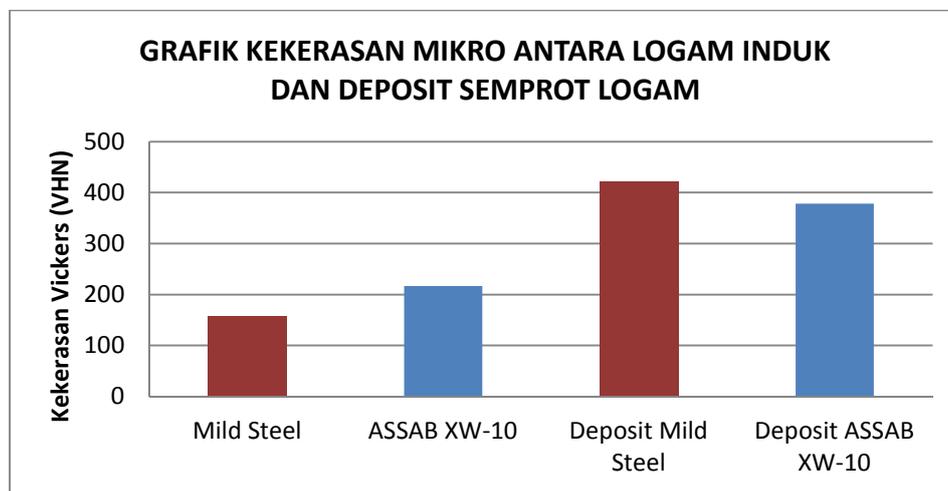
Pada tabel 4.1 terlihat bahwa nilai kekerasan lapisan baja *Mild Steel* bervariasi pada lima titik yang berbeda, dengan nilai kekerasan terendah adalah 400 HV dan nilai kekerasan tertinggi sebesar 440 HV. Baja *Mild Steel* yang dilapisi dengan serbuk *Stellite-6* ini, terjadi peningkatan kekerasan logam induk sebesar 157 HV menjadi kekerasan lapisan rata-rata sebesar 421 HV. Begitu juga dialami pada baja *ASSAB XW-10* dengan kekerasan logam induk sebesar 217 HV terjadi peningkatan kekerasan lapisan rata-rata sebesar 378 HV. Sedangkan lima titik yang berbeda terdapat nilai kekerasan yang bervariasi dengan nilai kekerasan terendah adalah 365 HV dan nilai kekerasan yang tertinggi adalah sebesar 395 HV.

Tabel 4.1 Kekerasan mikro lapisan baja *Mild Steel*

Titik Pengujian	Kekerasan (HV)	Keterangan
A	425	- Logam induk baja <i>Mild Steel</i> .
B	400	- Alat yang digunakan Microdur
C	420	- Hardness Tester
D	440	- Kekerasan awal : 157 HV
E	420	- Kekerasan rata-rata : 421 HV

Tabel 4.2 Kekerasan mikro lapisan baja *ASSAB XW-10*

Titik Pengujian	Kekerasan (HV)	Keterangan
A	370	- Logam induk baja <i>ASSAB XW-10</i>
B	375	- Alat yang digunakan Microdur
C	385	- Hardness Tester
D	365	- Kekerasan awal : 217 HV
E	395	- Kekerasan rata-rata : 378 HV



Gambar 4.1 Grafik kekerasan mikro

4.2 Kekerasan Makro

Pada tabel 4.3, baja *Mild Steel* yang dilapisi dengan serbuk *Stellite-6* memiliki nilai kekerasan terendah sebesar 231 HV dan kekerasan tertinggi sebesar 253 HV yang diuji pada lima titik yang berbeda, serta terjadi kenaikan kekerasan dari kekerasan logam induk sebesar 157 HV menjadi kekerasan lapisan rata-rata sebesar 241 HV.

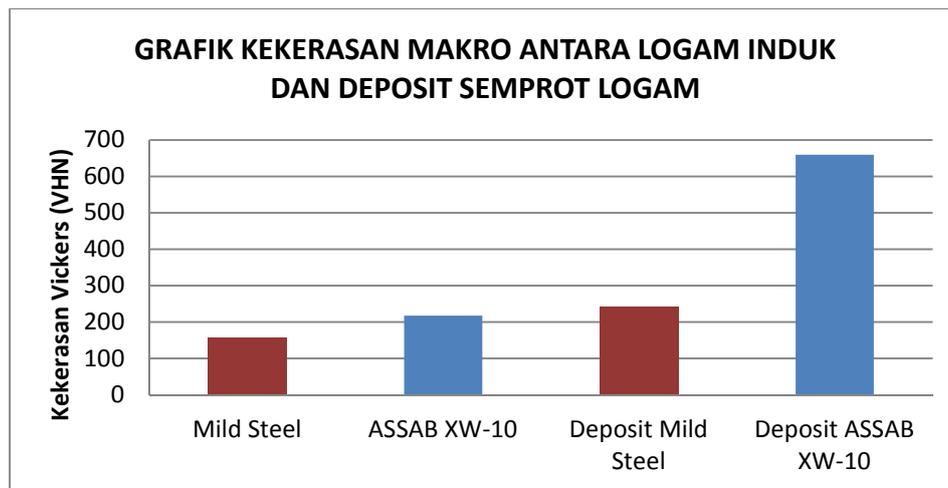
Sedangkan pada tabel 4.4, untuk baja *ASSAB XW-10* yang dilapisi serbuk *Stellite-6* terjadi kenaikan nilai kekerasan dari kekerasan logam induk sebesar 217 HV menjadi kekerasan lapisan rata-rata sebesar 659 HV, serta didapat nilai kekerasan terendah sebesar 636 HV dan nilai kekerasan tertinggi sebesar 686 HV yang diukur pada lima titik daerah yang berbeda.

Tabel 4.3 Kekerasan makro lapisan baja *Mild Steel*

No	Panjang Diagonal Jejak (mm)	Kekerasan (HV)	Keterangan
1	0.856	253	- Logam induk baja <i>Mild Steel</i>
2	0.872	244	- Alat yang digunakan : Mikroskop
3	0.892	233	- Optik (Leitz Labor 12 Mt)
4	0.896	231	- Kekerasan awal : 157 HV
5	0.876	242	- Kekerasan rata-rata : 241 HV

Tabel 4.4 Kekerasan makro lapisan baja *ASSAB XW-10*

No	Panjang Diagonal Jejak (mm)	Kekerasan (HV)	Keterangan
1	0.536	645	- Logam induk baja <i>ASSAB XW-10</i>
2	0.54	636	- Alat yang digunakan : Mikroskop
3	0.528	665	- Optik (Leitz Labor 12 Mt)
4	0.52	686	- Kekerasan awal : 217 HV
5	0.528	665	- Kekerasan rata-rata : 659 HV



Gambar 4.2 Grafik kekerasan makro

4.3 Keausan

Pada gambar 4.3 terlihat bahwa dengan naiknya kecepatan maka akan meningkat pula laju ausnya, laju aus maksimum terjadi sebesar $1,22948 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ untuk baja *Mild Steel* dan sebesar $0,686687 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ untuk baja *ASSAB XW-10* terjadi pada kecepatan 0,382 m/s.

Begitu pula dengan meningkatnya beban maka akan meningkatkan nilai laju aus, ini terlihat pada gambar 4.4. Laju aus maksimum terjadi sebesar $1,71647 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ untuk baja *Mild Steel* dan sebesar $1,02503 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ untuk baja *ASSAB XW-10* ini pada kondisi beban sebesar 12,64 kg. Kemudian laju aus turun menjadi $1,22948 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ untuk baja *Mild Steel* $0,686687 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ dan untuk baja *ASSAB XW-10* terjadi beban 18,96 kg.

Pada gambar 4.5 terlihat dengan meningkatnya jarak luncur akan meningkatkan laju aus, untuk baja *Mild Steel* laju aus maksimum dicapai sebesar $1,77467 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ pada jarak luncur 100.000 mm dan laju aus akan turun lagi sebesar $1,64025 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$, sedangkan pada baja

ASSAB XW-10 laju aus maksimum dicapai sebesar $0,818833 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ pada jarak luncur 100.000 mm dan laju aus akan turun sebesar $0,571583 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$.

Tabel 4.5 Laju Aus Baja *Mild Steel* Lapis *Stellite-6*.

No	Beban (kg)	Jarak Luncur (mm)	Kecepatan (m/s)	Panjang Jejak (mm)	Laju Aus ($\times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$)
1	18.96	66600	0.09	1.1	0.33083
2	18.96	66600	0.173	1.6	1.02503
3	18.96	66600	0.382	1.7	1.22948
4	6.34	66600	0.382	1.7	1.22948
5	12.64	66600	0.382	1.9	1.71647
6	18.96	66600	0.382	1.7	1.22948
7	18.96	66600	0.382	1.7	1.22948
8	18.96	100000	0.382	2.2	1.77467
9	18.96	200000	0.382	2.7	1.64025

Keterangan : Daerah ayng diarsir dan tidak diarsir menunjukkan variabel kondisi beban, jarak dan kecepatan.

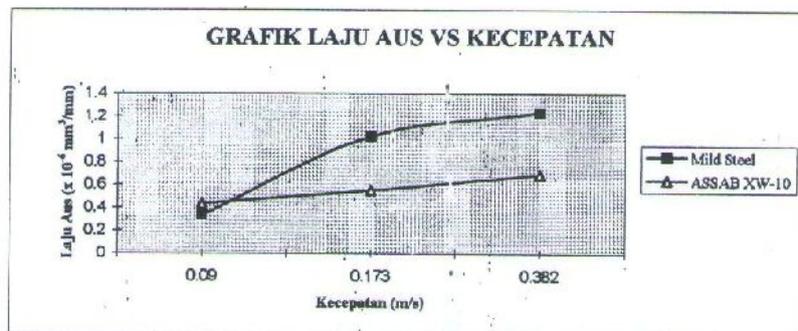
- Tebal cincin = 3 mm
- Jari-jari cincin = 1,5 mm

Tabel 4.6 Laju aus Baja ASSAB XW-10 Lapis *Stellite-6*.

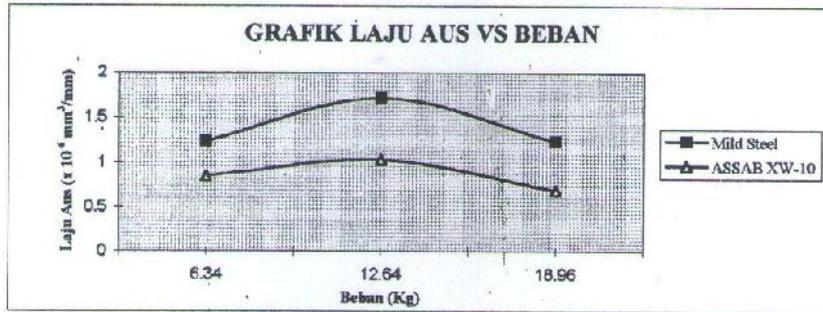
No	Beban (kg)	Jarak Luncur (mm)	Kecepatan (m/s)	Panjang Jejak (mm)	Laju Aus ($\times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$)
1	18.96	66600	0.09	1.2	0.432432
2	18.96	66600	0.173	1.3	0.5498
3	18.96	66600	0.382	1.4	0.686687
4	6.34	66600	0.382	1.5	0.844595
5	12.64	66600	0.382	1.6	1.02503
6	18.96	66600	0.382	1.4	0.686687
7	18.96	66600	0.382	1.4	0.686687
8	18.96	100000	0.382	1.7	0.818833
9	18.96	200000	0.382	1.9	0.571583

Keterangan : Daerah yang diarsir dan tidak diarsir menunjukkan variabel kondisi beban, jarak dan kecepatan.

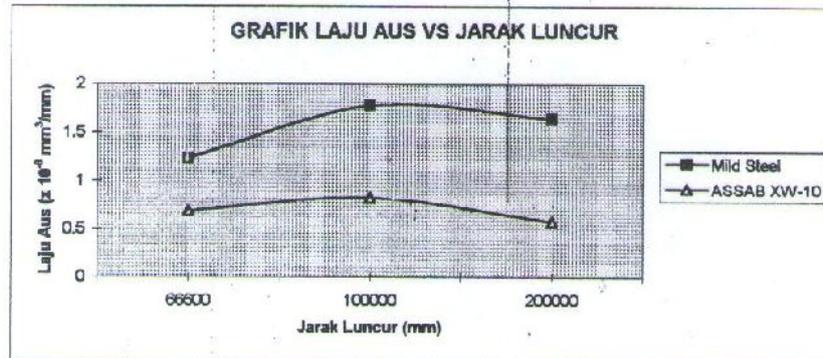
- Tebal cincin = 3 mm
- Jari-jari cincin = 1,5 mm



Gambar 4.3 Grafik hubungan laju aus dengan kecepatan



Gambar 4.4 Grafik hubungan laju aus dengan beban



Gambar 4.5 Grafik hubungan laju aus dengan jarak luncur

4.4 Tebal Lapisan

Pengukuran ketebalan lapisan dilakukan pada sepuluh titik yang berbeda sehingga didapat nilai ketebalan rata-rata lapisan logam semprot, untuk baja *Mild Steel* memiliki ketebalan rata-rata 0,12 mm sedangkan pada baja *ASSAB XW-10* memiliki ketebalan rata-rata sebesar 0,1 mm.

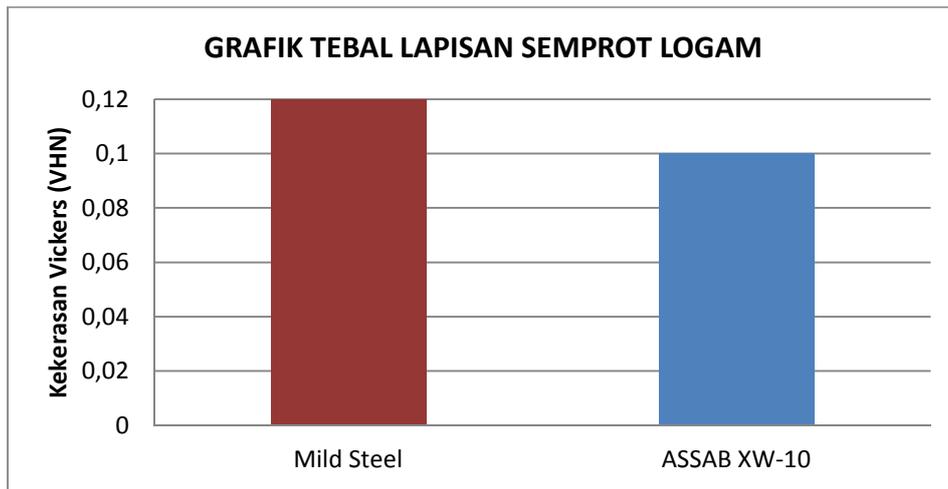
Tabel 4.7 Tebal lapisan baja *Mild Steel*

No	Posisi (mm)	Tebal (mm)	Keterangan
1	17.9 – 18.00	0.1	- Alat yang digunakan : Mikroskop Optik (Leitz Labor Lux 12 Mt). - Perbesaran 100X - Ketebalan rata-rata : 0,12 mm.
2	17.9 – 18.0	0.1	
3	-	-	
4	17.8 – 17.9	0.1	
5	17.9 – 18.1	0.2	
6	-	-	
7	17.9 – 18.1	0.1	
8	17.9 – 18.0	0.1	
9	17.8 – 18.0	0.2	
10	17.9 – 18.0	0.1	
11	17.9 – 18.0	0.1	
12	-	-	
13	17.9 – 18.0	0.1	

Tabel 4.8 Tebal lapisan baja *ASSAB XW-10*

No	Posisi (mm)	Tebal (mm)	Keterangan
1	39.1 – 39.2	0.1	- Alat yang digunakan : Mikroskop Optik (Leitz Labor Lux 12 Mt). - Perbesaran 100X - Ketebalan rata-rata : 0,1 mm.
2	39.1 – 39.2	0.1	
3	39.1 – 39.25	0.05	
4	39.1 – 39.2	0.1	
5	-	-	

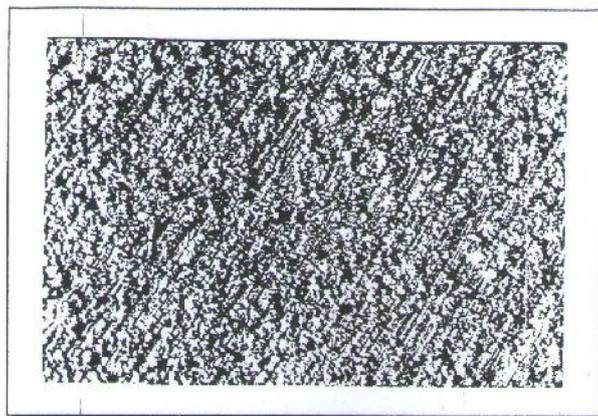
6	39.1 – 39.2	0.1	
7	-	-	
8	39.2 – 39.3	0.1	
9	39.15 – 39.25	0.1	
10	39.1 – 39.2	0.1	
11	-	-	
12	39.1 – 39.2	0.1	
13	39.2 – 39.25	0.05	



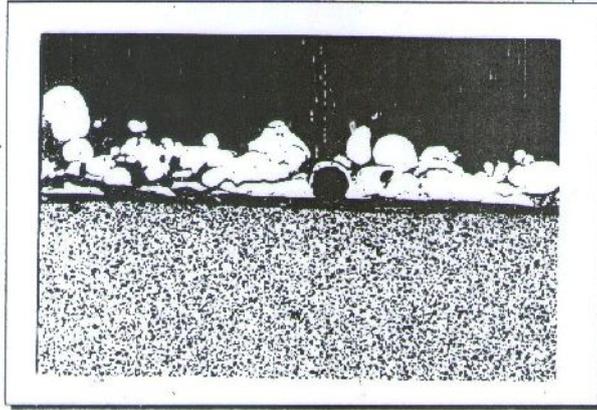
Gambar 4.6 Grafik tebal lapisan logam semprot

4.5 Struktur Mikro

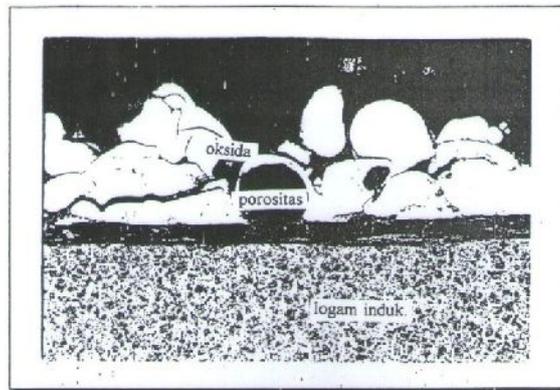
Pengamatan struktur mikro dilakukan pada perbesaran 100, 200 dan 500 kali pada permukaan atas dan penampang lintang benda uji. Pengetsaan dilakukan dengan menggunakan etsa Nital 2% (alkohol 95% = 100 ml, NHO_3 0,05% = 2 ml) sehingga terlihat lapisan hasil semprot logam yang berwarna putih yang berbentuk lamel-lamel berobak yang terikat satu dengan yang lainnya. Juga terlihat adanya pori yang berwarna hitam dan sejumlah oksida yang berwarna abu-abu. Pada permukaan lapisan hasil semprot logam juga terlihat partikel yang tidak melebur yang berbentuk bulat dan berwarna putih.



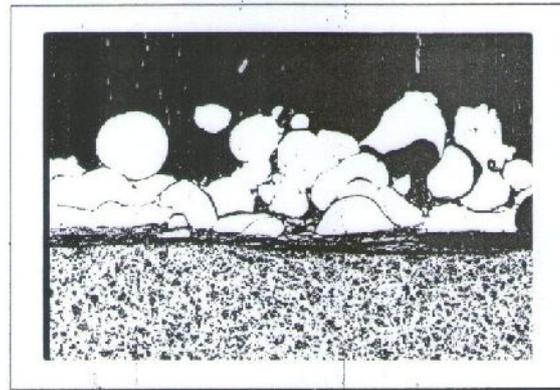
Gambar 4.7 Foto struktur makro baja ASSAB XW-10 lapis *Stellite-6* dengan perbesaran 25 X.



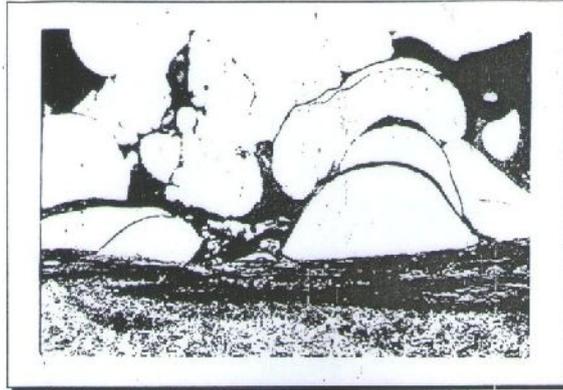
Gambar 4.8 Foto struktur mikro baja ASSAB XW-10 lapis *Stellite-6* dengan perbesaran 100 X.



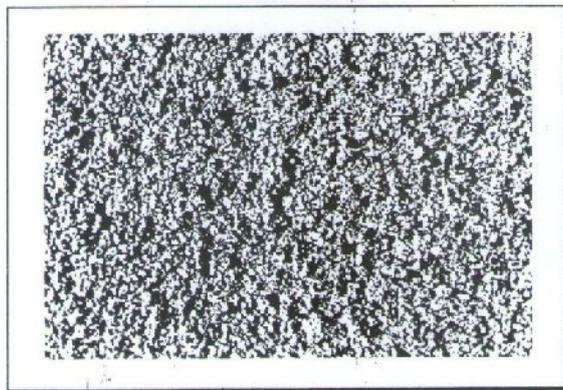
Gambar 4.9 Foto struktur mikro baja ASSAB XW-10 lapis *Stellite-6* dengan perbesaran 200 X.



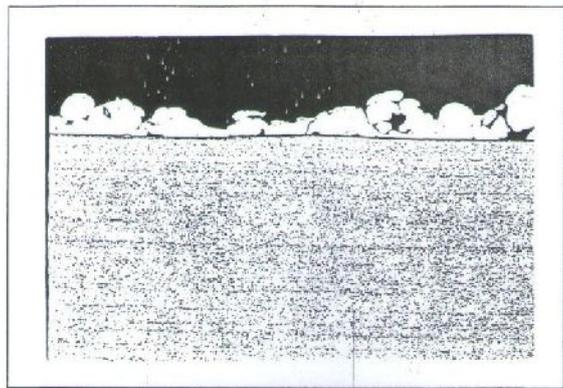
Gambar 4.10 Foto struktur mikro baja ASSAB XW-10 lapis *Stellite-6* dengan perbesaran 200 X.



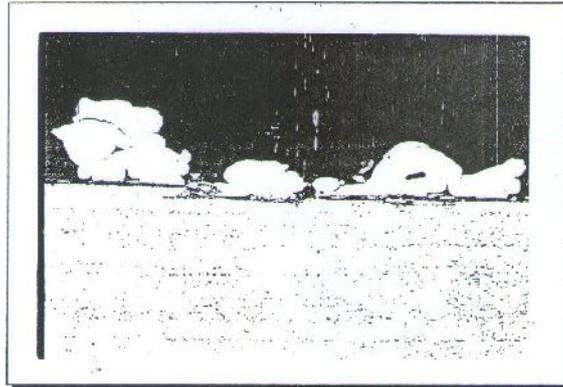
Gambar 4.11 Foto struktur mikro baja ASSAB XW-10 lapis Stellite-6 dengan perbesaran 500 X.



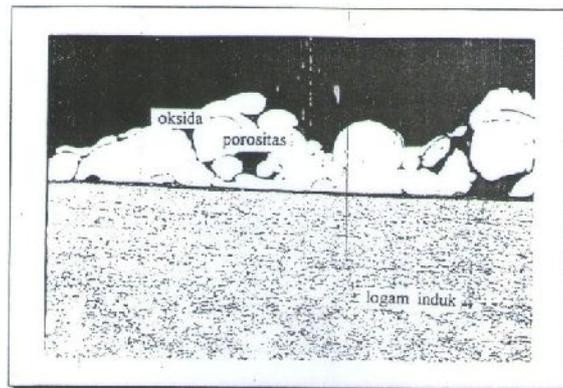
Gambar 4.12 Foto struktur makro baja Mild Steel lapis Stellite-6 dengan perbesaran 25 X.



Gambar 4.13 Foto struktur mikro baja Mild Steel lapis Stellite-6 dengan perbesaran 100 X.



Gambar 4.14 Foto struktur mikro baja *Mild Steel* lapis *Stellite-6* dengan perbesaran 200 X.



Gambar 4.15 Foto struktur mikro baja *Mild Steel* lapis *Stellite-6* dengan perbesaran 200 X.



Gambar 4.16 Foto struktur mikro baja *Mild Steel* lapis *Stellite-6* dengan perbesaran 500 X.

5. PEMBAHASAN

5.1 Kekerasan Mikro

Setelah kedua logam induk dilapisi dengan serbuk *Stellite-6* maka didapat kekerasan lapisan rata-rata yaitu sebesar 421 HV untuk lapisan *Mild Steel* dan 378 HV pada lapisan baja *ASSAB XW-10*.

Pada gambar 4.1 terlihat bahwa lapisan baja *Mild Steel* lebih keras dibandingkan dengan lapisan pada baja *ASSAE XW-10*, ini disebabkan karena pada lapisan *Mild Steel* terlihat (gambar 4.12) membungkus seluruh permukaan logam induk sedangkan pada lapisan baja *ASSAB XW-10* (gambar 4.7) tidak seluruhnya lapisan membungkus permukaan logam induknya sehingga

terlihat porositas-porositas dalam jumlah besar yang sangat mempengaruhi nilai kekerasan lapisan dari hasil logam semprot.

Terjadinya perbedaan kekerasan mikro antara lapisan baja *Mild Steel* dengan lapisan baja *ASSAB XW-10* juga disebabkan karena adanya perbedaan ketebalan lapisan sebesar 0,02 mm dimana lapisan baja *Mild Steel* memiliki ketebalan sebesar 0,12 mm dan lapisan baja *ASSAB XW-10* 0,1 mm (gambar 4.6). Dengan tebal lapisan yang tebal pada baja *Mild Steel* akan membungkus permukaan lapisan dan porositas yang terlihat lebih sedikit dibanding porositas yang ada pada lapisan baja *ASSAB XW-10*.

Kehadiran oksida pada lapisan logam semprot cenderung meningkatkan nilai kekerasan lapisan dimana oksida yang terbentuk membungkus-partikel dengan warna keabu-abuan pada saat melayang diudara dan oksida ini bahkan terlihat juga pada porositas lapisan dan terjebak antara ikatan partikel-partikel lapisan logam semprot.

5.2 Kekerasan Makro V

Kekerasan makro merupakan pengujian kekerasan dengan pengidentasian yang mengenai lapisan dan logam induk, Pengidentasian yang dilakukan pada logam induk yang telah dilapisi menghasilkan nilai kekerasan makro rata-rata pada baja *Mild Steel* sebesar 241 HV dan lokasi lima titik yang berbeda, sedangkan pada baja *ASSAB XW-10* didapat nilai kekerasan makro rata-rata sebesar 659 HV.

Terjadinya perbedaan kekerasan yang didapat karena memang sifat logam induk baja *ASSAB XW-10* lebih keras dari baja *Mild Steel*, karena pengujian kekerasannya mengenai logam dasar, juga pada lapisan baja *ASSAB XW-10* (gambar 4.14) terlihat banyak partikel yang melebur sebagian dengan bentuk bulat dan berwarna putih yang mempengaruhi kekerasan dan tentu pula kehadiran sejumlah oksida yang membungkus partikel saat melayang diudara serta kehadirannya yang terjebak pada porositas dan ikatan antara partikel dengan partikel lapisan logam semprot cenderung meningkatkan nilai kekerasan ini berlaku pada kedua lapisan logam semprot.

5.3 Keausan

Pada gambar 4.3 terlihat dengan meningkatnya kecepatan dari 0,09 m/s sampai 0,382 m/s akan meningkatkan pula laju aus pada kedua lapisan hasil logam semprot pada baja *Mild Steel* dan baja *ASSAB XW-10*. Hal ini terjadi karena dengan menambah kecepatan akan meningkatkan efek gaya gesek dan panas pada permukaan lapisan logam induk sehingga terjadi pelunakan dan timbul celah keausan pada permukaan lapisan. Begitu pula dengan meningkatnya pembebanan (gambar 4.4), akan meningkatkan pula laju aus pada kedua lapisan hasil semprot logam, dimana nilai laju aus maksimum sebesar $1,71647 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ dari $1,02503 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}^3$ dimiliki oleh lapisan pada baja *Mild Steel* dan Baja *ASSAB XW-10* terjadi pada pembebanan 12,56 kg.

Meningkatnya laju aus pada kondisi ini disebabkan karena dengan bertambahnya pembebanan akan meningkatkan penetrasi dan timbul celah keausan pada permukaan yang lunak kemudian setelah mencapai laju aus maksimum pada pembebanan 12,56 kg .dan nilai laju aus ini akan turun kembali, ini terjadi pada kedua lapisan hasil logam semprot. Sedangkan pada gambar 4.5 terlihat semakin jauh jarak luncur akan semakin meningkat pula nilai laju aus pada kedua lapisan hasil semprot logam yang mengakibatkan semakin lama penggesekan yang terjadi, sehingga timbul panas pada permukaan dan terjadi pelunakan pada permukaan lapisan hasil semprot logam yang akan meningkatkan nilai laju aus pada titik tertentu dan nilai laju aus akhirnya akan turun kembali, ini terjadi pada kedua lapisan hasil semprot logam.

Kondisi ikatan antara lapisan dengan logam induk sangat mempengaruhi terhadap ketahanan aus suatu material. Ikatan yang terjadi pada lapisan logam semprot ada dua jenis ikatan yaitu ikatan antara partikel dengan partikel logam semprot yang disebut gaya kohesi dan ikatan antara lapisan dengan logam induk yaitu gaya adhesi. Ketahanan aus pada lapisan baja *ASSAB XW-10*

lebih baik dibanding lapisan baja *Mild Steel* ditandai dengan kekasaran permukaan logam induk sehingga terjadi mekanisme saling kunci antara lapisan dengan logam induk sehingga pada saat pengujian keausan lapisan tidak terlepas dan terdeformasi dari ikatannya,

5.4 Struktur Mikro

Foto struktur mikro diambil pada perbesaran 100, 200 dan 500 kali pada penampang atas dan penampang lintang lapisan logam semprot. Pengetsaan dilakukan dengan menggunakan larutan Nital 2% (alkohol 95% = 100 ml, HNO₃ 0,5% = 2ml) sehingga didapat bentuk struktur yang umumnya adalah sama pada kedua logam induk yang dilapisi dengan serbuk. *Stellite-6* yaitu berbentuk partikel-partikel pipih yang berlapis (*flake*) dan berombak-ombak, bahkan selalu terdapat sejumlah porositas dengan berbagai bentuk dengan warna kehitaman dan sejumlah oksida yang berwarna abu-abu.

Pada bagian antar muka antara logam induk dan lapisan terlihat rongga yang berwarna kehitaman, rongga ini merupakan porositas ataupun kotoran pasir sisa dari pengerindaan permukaan logam induk yang terjebak sehingga dapat menurunkan sifat lapisan dari hasil logam semprot. Pada lapisan logam semprot juga terlihat partikel bulat yang berwarna putih, itu merupakan partikel yang tidak sempat melebur pada saat proses pemanasan (*fusing*). Kadang-kadang juga terlihat oksida yang membungkitis lapisan dan logam semprot yang terjadi karena interaksi partikel cair serbuk *Stellite-6* pada saat melayang diudara menuju logam induk.

6. KESIMPULAN

1. Kekerasan suatu lapisan logam semprot sangat dipengaruhi oleh sejumlah oksida dan porositas.
2. Kekerasan mikro yang tinggi dimiliki oleh lapisan baja *Mild Steel* sebesar 421 HV sedangkan kekerasan makro yang tinggi dimiliki oleh lapisan baja *ASSAB XW-10* sebesar 659 HV.
3. Dengan meningkatnya kecepatan, beban, dan jarak luncur akan meningkatkan laju aus suatu material ini terjadi pada lapisan baja *ASSAB XW-10* dan lapisan baja *MildSteel*.
4. Ketahanan aus yang baik dimiliki pada lapisan baja *ASSAB XW-10* ini ditandai dengan kekasaran permukaan logam induk sehingga ikatan permukaan antara lapisan dengan logam induk terlihat baik dan saling mengunci.
5. Struktur kedua lapisan logam semprot berupa partikel-partikel pipih (*flake*) yang berombak-ombak yang mengandung sejumlah porositas berwarna hitam dengan berbagai bentuk dan oksida yang berwarna keabu-abuan serta adanya partikel yang melebur sebagian berbentuk bola yang berwarna putih.
6. Proses persiapan awal, proses penyemprotan dan teknik penyemprotan mempengaruhi sifat lapisan logam semprot terutama dalam kehadiran sejumlah porositas dan oksida.
7. Bila diperbandingkan untuk mencapai tujuan penelitian proses pelapisan ini, maka lapisan baja *ASSAB XW-10* untuk laju aus dan kekerasan makro memiliki sifat mekanis yang lebih baik daripada lapisan baja *Mild Steel*.

DAFTAR PUSTAKA

Robert. C. Tucker, *Thermal Spray Coating, ASM HandBook, Vol 5, 'Surface Engineering', ASM International, 1975, p 497-509.*

- BA. Kushler and ER Novinski, *Thermal Spray Coating, ASM HandBook, Vol 18, "Friction, Lubrication and Wear Technology", ASM International, 1992, p 829-833.*
- Katim, indarto, 'Pelapisan dengan Semprot Loganm', Korosi, LMN LIPI, Juni 1970.
- Pawlowsky, Lech, '*The Science and engineering of thermal Spray Coating*'. John Wiley & Sons Ltd. Buffins Lane, Chechester, England. 1995.
- Hutchings, IM. Tribology : '*Friction and Wear of Engineering Material* ', Eduard Arnold, London : 1992.
- P.Krepiski, Richard. '*Thermal Spray Coating Application in The Chemical Processes Industries*'. The Material Technologi Institute of The Chemical Processes Industries Inc. 1993.
- Standart *Test Methode for Microhardness of Material ' E-384, Annual Book of ASTM Standarts*, ASTM Philadelphia, 1984, p 4917-518.
- Ballard, WE, '*Reclamation by Metal Spraying* ', British Welding Journal, April 1960.
- Osborn, AJ. Glass Industry Seminar, '*Power Delivery System and Metal Powder Technology* '. Jakarta, Indonesia. Nov. 1980.
- Wulpi, Donald.J. '*Understanding How Components Fail*'. American Society For Metals, Metal Park, Ohio. 1985.
- ASSAB referance, *UHB.Rigor, ASSAB XW-10, Cold Work Tool Steel*. Jakarta.1997. *Oghosi Wear Machine Instruction Manual* 1987.
- Avner, Sidney H. '*Introduction to Physical Metallurgy* ', 2nd. Ed, Mc Graw-Hill, New York, 1975.