

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

## M3-005 Pengaruh Suhu, Waktu Dan Voltase Pelapisan “Hard Chrome” Terhadap Kekerasan, Keausan Spesifik Dan Ketebalan Lapisan Pada Baja Aisi 1045

I Gusti Ngurah Suarsana

Department of Mechanical Engineering  
Cenderawasih University

Kampus Uncen Waena, Jayapura Papua 99358  
Phone: (0967) 583927, Hp: 081328005964, E-mail : gustisuarah@yahoo.com

### ABSTRACT

*The objectives of this research want to know the influence of voltage, temperature and plating time for hard chrome towards hardness of surface plate, specific-wear of surface plate and thickness of plate. From interaction of voltage, temperature and plating time want to know an optimum condition plating process (most of effective plating) that can to produce most of maximum plating surface hardness and most of minimum plating surface specific-wear*

*Specimens of this research are intermediate carbon steel AISI 1045 (0.411% C), cylindrical forms with dimension: 10 mm as diameter, 300 mm as length. The surface of specimens refined before plating. Independent variables: voltage (3, 4.5, 6, and 9) volt, temperature (40, 45, 55, and 60) °C, and plating time (30, 40, 50, and 60) minute. Micro-hardness test used Vickers method with burden of 250 gr force, and surface specific-wear test used Ogoshi method with wear force of 1000 gr.*

*The results of hardness and specific wear test shows surface hardness value of base specimen (raw material) is 190  $V_{HN}$ . The highest surface hardness base specimen with hard chrome plating 928  $V_{HN}$  (increased 388.42 % compared to raw material), For base specimen with hardened and hard chrome = 1132  $V_{HN}$  (increased 495.79 %). Surface specific-wear raw material = 3.4877  $mm^2/kg$ , The lowest surface specific-wear of chrome plate for specimen without hardened = 1.1644E-08  $mm^2/kg$  (descent 99.67 % compared to raw material), while the lowest surface specific-wear of chrome plate for specimen with hardened = 8.7693E-09  $mm^2/kg$  (descent 99.75 %) and thickness of chrome plate is got 22  $\mu m$ . That the results be optimum values at plating condition: 6 volt of voltage, 55 °C of temperature, and 50 minute of time. When the results correlated to mechanical character in self-same condition, the increasing surface hardness will be increasing specific surface wear-resistant.*

*Keyword: hard chrome, micro-hardness, surface specific-wear.*

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

## 1. Pendahuluan

Baja dikatakan bahan yang kaya akan sifat-sifat, sehingga banyak digunakan dibidang teknik dan industri. Kekerasan dan ketangguhan merupakan sifat baja yang sangat penting dipertimbangkan pada perancangan konstruksi mesin, khusus komponen mesin bergerak, meluncur, bergesekan, terlebih saat bersamaan diharuskan menahan beban. Komponen tersebut adalah: *shaft, shock absorbers, struts, brake pistons, engine valve stems, linear cylinders, piston rings, hydraulic rods, persneling gear* pada pesawat udara untuk pendaratan (*aircraft landing gears*), pin piston dan sebagainya. Dengan demikian kekerasan permukaan komponen sangat dibutuhkan agar tahan gesek, tetapi bagian inti dipertahankan tetap liat, sehingga tangguh terhadap beban statis maupun beban dinamis. Untuk mengatasi hal tersebut perlu memberi kekerasan lebih tinggi pada permukaan. Salah satu cara dengan proses elektroplating yaitu memberi lapisan krom keras (*hard chrome plating*) pada permukaan komponen. *Hard chrome plate* dapat menghasilkan kekerasan tinggi, koefisien gesekan rendah, menaikkan sifat tahan abrasi /tahan aus, menaikkan sifat tahan korosi pada komponen yang dilapisi dan juga umur pakai komponen.

## 2. Tujuan Penelitian

Mengetahui pengaruh variasi suhu plating (T), lama waktu plating (t), dan voltase plating (E), terhadap kekerasan, keausan spesifik lapisan dan ketebalan lapisan krom keras pada spesimen dasar baja AISI 1045. Dari interaksi variasi tersebut ingin didapat kondisi optimum pelapisan yaitu pelapisan yang dapat menghasilkan kekerasan lapisan paling maksimum sedangkan keausan spesifik lapisan paling minimum serta ketebalan yang mampu dicapai pada kondisi optimum.

## 3. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian nantinya diharapkan bisa sebagai tambahan informasi untuk perbaikan, pengembangan dan peningkatan sifat mekanis permukaan khusus pada baja AISI 1045 melalui pelapisan krom keras sebagai salah satu penguatan permukaan, sehingga didapat permukaan lebih keras, lebih kuat dan tahan terhadap keausan.

## 4. Review Penelitian

Nurbanasari M., dkk. (2009)'' telah melakukan penelitian pelapisan krom keras pada pelat baja karbon rendah ukuran 10 x 20 x 1 mm. Penelitian menitik beratkan pengaruh rapat arus (variasi 50, 60, 70, dan 80 A/dm<sup>2</sup>) terhadap kualitas permukaan lapisan meliputi : berat lapisan, kekerasan, ketebalan dan efisiensi katodik. Larutan dipakai mengandung CrO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub> Si F<sub>6</sub> dan aqua DM, anoda dipakai timah hitam (Pb). Hasil penelitian, bahwa kekerasan maksimal 431 V<sub>HN</sub> didapat pada suhu 55 °C dengan rapat arus 60 A/dm<sup>2</sup>. Lapisan dengan efisiensi katodik tertinggi (20.99%) pada 55 °C dan pada rapat arus 80 A/dm<sup>2</sup>. Dinyatakan pula, efisiensi arus katodik dan ketebalan lapisan krom naik seiring naiknya rapat arus.

Krisnaputra (2007)'' meneliti pengaruh variasi suhu terhadap kekerasan dan laju korosi baja ST 40 di lingkungan air laut. Variasi: suhu kamar, 40 °C, 50 °C, 60 °C, dan 70 °C, waktu masing-masing 5 detik

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

dan tegangan 5 volt. Sebelum dikrom benda kerja dilapisi nikel (*undercoat*), suhu pelapisan 45 °C, waktu 30 menit dan tegangan 5 volt. Hasil penelitian, kekerasan material dasar 17.61  $V_{HN}$ , lapisan nikel 427.33  $V_{HN}$  dan lapisan krom 496.23  $V_{HN}$ . Pada uji korosi, lapisan krom suhu 50 °C dan 60 °C, terjadi penurunan laju korosi dibandingkan material tanpa pelapisan.

Permana (1999) meneliti pengaruh suhu larutan pelapisan krom keras terhadap ketebalan, kekerasan dan kekasaran lapisan. Material dilapisi baja SLD (untuk laras senjata). Variasi suhu 35 °C, 50 °C dan 65 °C. Hasilnya, semakin tinggi suhu, lapisan yang terjadi semakin tipis. Hal ini disebabkan pada suhu tinggi banyak ion krom teroksidasi menjadi asam krom (*chromic acid*) sebelum mencapai permukaan katoda. Terbentuknya lapisan  $PbO_2$  lebih cepat, aliran listrik berkurang dan ion-ion krom terbentuk tidak berlebihan. Kekerasan tertinggi pada 50°C, sedangkan pada 65°C cenderung terjadi penurunan. Kekasaran permukaan membaik pada suhu 50°C dan 65°C.

## 5. Metodologi Penelitian

### Alat :

- Bubut, gerinda (*Tool machines*)
- *Treatment furnace*
- *Electroplating machine unit*
- *Vickers micro hardness*
- *Universal wear testing machine*
- *Spectro material testing*
- *Vernier caliper*
- *Electron microscope*

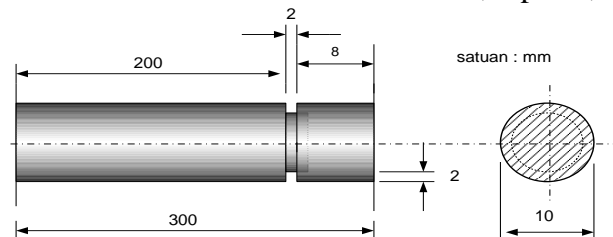
### Bahan :

- Asam krom ( $CrO_3$ ) = 250 gr/l,
- Asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) = 2.5 gr/l,
- Alkaline, pembersih sisa minyak
- Bahan anoda timah hitam (Pb)
- Air pembersih, Aquades (air suling)
- Amplas ukuran halus dan kasar
- Autosol dan bahan proses etsa
- Bahan spesimen baja AISI 1045

### Cara Penelitian

#### • Pembentukan Spesimen :

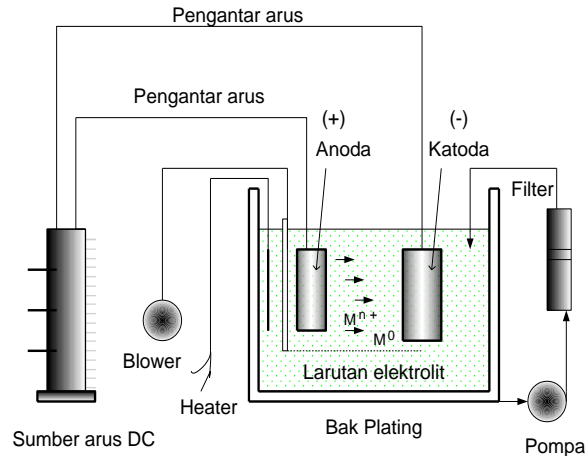
Proses potong, bubut, jumlah 4 x 4 x 4 x 2 = 128 buah. dihaluskan, dipoles, dibersihkan



Gambar 1. Bentuk dan Ukuran Spesimen

- Pelapisan krom keras

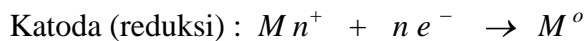
## Prinsip pelapisan (Elektroplating)



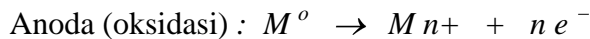
Gambar 2. Skema Proses Elektroplating (Purwanto dan Huda S., 2005)”

Pada proses pelapisan terjadi reaksi kimia di daerah elektroda dan elektrolit berupa reaksi redoks. Reaksi diharapkan berlangsung kontinyu menuju arah tertentu selama proses, maka diperlukan arus listrik searah, dc. Aliran arus menimbulkan pergerakan ion-ion. Ion-ion krom yang migrasi ke katoda ion positif (kation), sedang yang ke anoda ion negatif (anion). Bila kation atau  $Mn^+$  sampai di katoda (benda kerja) bermuatan negatif (anion), maka  $Mn^+$  akan tereduksi menjadi logam  $M^0$  mengendap membentuk lapisan atau deposit krom.

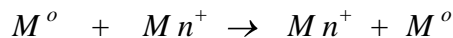
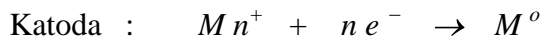
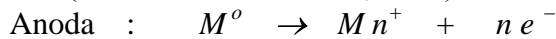
Reaksinya sebagai berikut : (Vlack, 1986)”



Ion logam tereduksi menempel di katoda, posisinya diganti oleh ion logam baru yang teroksidasi dalam elektrolit atau dari penambahan larutan senyawa logam. Menurut reaksi :



Anoda makin lama makin berkurang seiring terbentuk deposit di katoda. Reaksi kesetimbangan redoks ditulis : (Purwanto dan Huda S., 2005)”



## Tahapan pelapisan krom

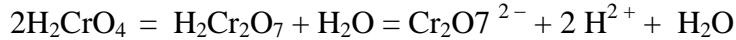
- **Tahap awal** : Membersihkan sisa minyak → larutan asam sulfat, menetralisasi sifat asam spesimen → larutan natrium hidrosulfat, membersihkan spesimen → larutan deterjen, kemudian dibilas → air bersih.

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

- **Tahap pelapisan** : Spesimen dicelup → larutan kimia *chromic acid* voltase di seting → saklar arus di-on-kan → terjadi pelapisan pada katoda (spesimen).

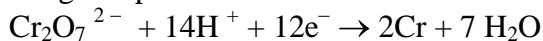
Variasi plating → Suhu : 40, 45, 55, 60 °C, Waktu : 30, 40, 50, 60 menit, dan voltase : 3, 4.5, 6, dan 9 Volt. Konsentrasi → *chromic acid* = 250 gr/l, *sulfate acid* = 2.5 gr/l dan aquades. *Chromic acid* dalam larutan membentuk:



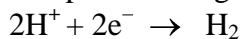
Pada proses pelapisan terjadi 3 reaksi pada masing-masing elektroda secara bersamaan : (Lowenheim, 1978)”

## Pada katoda :

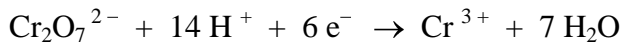
- Pengendapan krom :



- Pelepasan hidrogen :

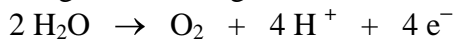


- Pembentukan ion krom:



## Pada anoda :

- Pengeluaran oksigen :



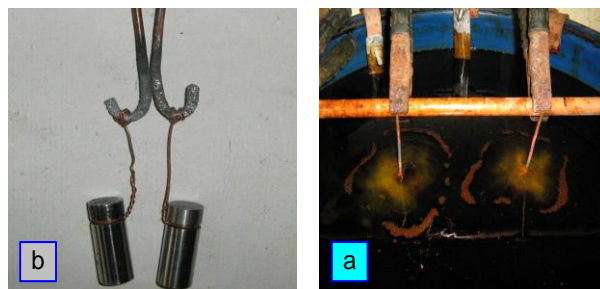
- Oksidasi ion kroma :



- Pembentukan timbal dioksida :



- **Tahap akhir** : Pembilasan spesimen setelah dilapisi dengan air, pengeringan memakai kain bersih atau tiupan udara kering.



Gambar 3. Plating Spesimen  
a. Spesimen siap di plating  
b. Proses krom berlangsung

## • Uji Kekerasan

Uji kekerasan menggunakan metoda Vickers skala mikro dan dilakukan berdasar standar ASTM E-92-82. Pembebanan secara perlahan tanpa kejut (beban 250 gr) dan ditahan 10 detik. Setelah indenter

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

diangkat, diagonal bekas injakan diukur, diambil nilai rata-rata. Kekerasan indentasi mikro Vickers ( $V_{HN}$ ) dihitung menggunakan persamaan :

$$V_{HN} = \frac{1,854P}{d^2} \quad (1)$$

dengan :  $P$  = beban indentasi, kg

$d$  = diagonal rata-rata bekas injakan, mm

$\alpha$  = sudut puncak =  $136^\circ$

## • Uji Keausan Spesifik

Uji keausan spesifik mengacu metode Reinken Ogoshi, dengan cara menggerus spesimen pada disk yang berputar. Beban uji diterapkan sebesar  $P_o = 1$  kg (1000 gr) dengan jarak tempuh  $L_o = 140$  m (14000 mm), lebar disk  $B_o = 3$  mm, jari-jari disk  $r = 15$  mm. Lebar gerusan  $b_o$  (mm) yang terbentuk pada spesimen diukur dengan pengamatan mikroskop. Keausan spesifik permukaan ( $W_s$ ) dihitung dengan formula:

$$W_s = \frac{B \cdot b_o^3}{8 \cdot r \cdot P_o \cdot l_o} \quad (\text{mm}^2/\text{kg}) \quad (2)$$

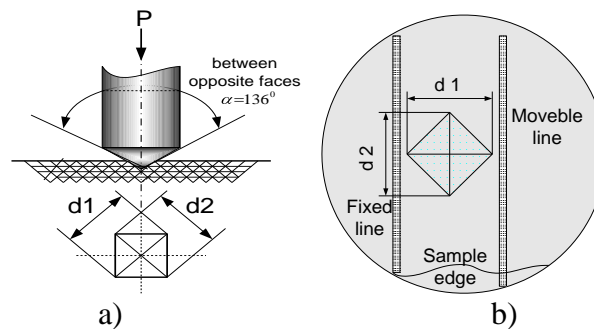
dengan :  $B$  = lebar disk pengaus, mm

$b_o$  = lebar keausan pada spesimen, mm

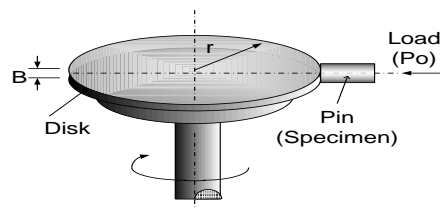
$r$  = jari-jari disk pengaus, mm

$P_o$  = beban uji proses pengausan, kg

$l_o$  = jarak tempuh proses pengausan, m



Gambar 4. a) Skema uji kekerasan mikro Vickers  
b) mengukur diagonal rata-rata indentasi



Gambar 5. Skematis pengujian Pin – Disc

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

## • Uji Foto Makro

Pengujian ini menggunakan mikroskop elektron untuk melihat ketebalan lapisan yang terjadi dengan pembesaran lensa 50x.

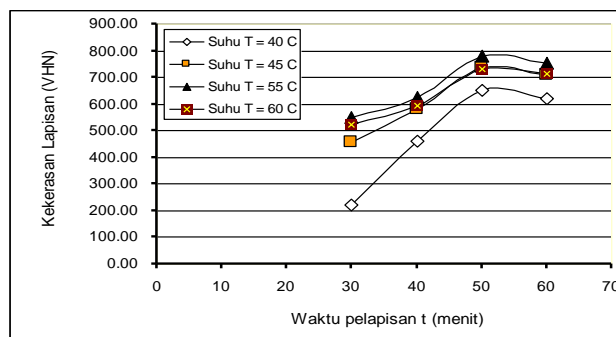
## 6. Hasil dan Pembahasan

### • Pengaruh suhu pelapisan

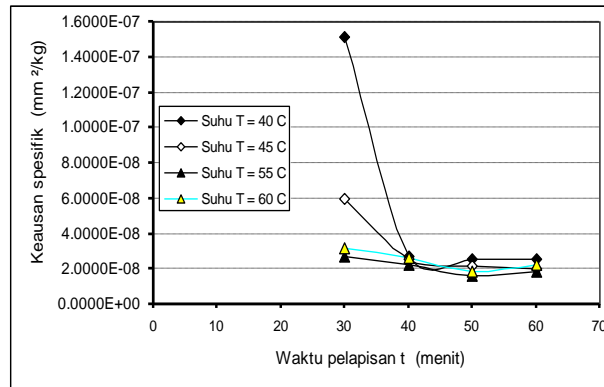
Semakin tinggi suhu konduktivitas termal larutan semakin besar, hantaran arus listrik semakin cepat, rapat arus besar dan tegangan batas polarisasi meningkat. Dari variasi suhu (40, 45, 55, dan 60)°C, pelapisan suhu 55 °C konduktivitas termal larutan sangat baik dan mobilitas terbentuknya ion-ion krom ( $\text{Cr}^{3+}$ ) teratur, jumlahnya tidak berlebihan, liquiditas larutan baik. Karena suhu sesuai kebutuhan, hantaran arus cukup, maka kondisi larutan sangat baik dan laju pelapisan baik. Kerapatan (*density*) lapisan lebih padat (*solid*), lebih merata (*uniform*). Jadi pada pelapisan suhu 55 °C, kekerasan serta daya tahan aus permukaan bertambah tinggi.

Gambar 6 menunjukkan kekerasan lapisan tertinggi terjadi pada pelapisan suhu larutan 55 °C, = 780.50  $V_{\text{HN}}$ , kekerasan terendah terjadi pada suhu 40 °C = 223.31  $V_{\text{HN}}$ . Bila dibanding kekerasan raw material (190  $V_{\text{HN}}$ ), terjadi peningkatan persentase kekerasan cukup signifikan terutama pada suhu 55 °C sebesar 310.79 %, sedangkan pada 40 °C naik 17.48 %.

Keausan spesifik raw material =  $3.4877\text{E-}04 \text{ mm}^2/\text{kg}$ . Daya tahan aus tertinggi ditunjukkan keausan spesifik terendah hasil pengujian. Keausan spesifik terendah pada suhu 55 °C (Gambar 7) =  $1.6268\text{E-}08 \text{ mm}^2/\text{kg}$ , (turun 95.34 % terhadap keausan raw material) dan keausan spesifik tertinggi pada suhu 40 °C =  $1.5128\text{E-}07 \text{ mm}^2/\text{kg}$  (turun 56.63 % terhadap keausan raw material).



Gambar 6. Pengaruh suhu larutan terhadap kekerasan permukaan lapisan *hard chrome*, spesimen AISI 1045



Gambar 7. Pengaruh suhu larutan terhadap keausan permukaan lapisan *hard chrome*, spesimen AISI 1045

### • Pengaruh waktu pelapisan

Lamanya waktu pelapisan krom juga berdampak pada kualitas lapisan yang terbentuk pada spesimen (katoda). Waktu yang dibutuhkan adalah waktu efektif pelapisan (waktu plating) maksudnya begitu spesimen dicelup saklar arus di-ON-kan, dan begitu saklar arus di-OFF-kan spesimen diangkat. Peranan waktu diperkuat teori hukum Faraday, dan diformulasikan dalam rumus :

$$V = C I t \quad (3)$$

dengan :  $V$  = volume massa dilepaskan, cm<sup>3</sup>,

$C$  = Konstanta plating, cm<sup>3</sup>/A-s,

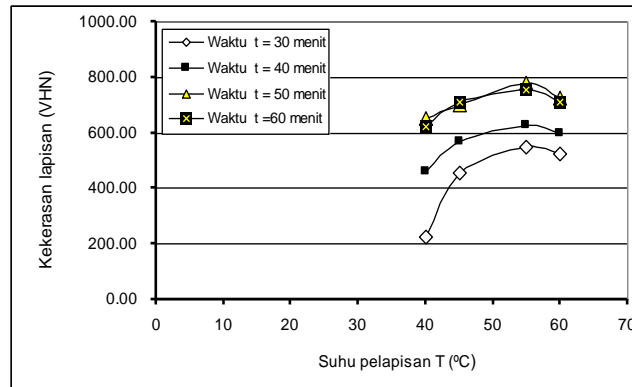
$I$  = arus listrik, A,

$t$  = waktu yang dibutuhkan, s,

Dari variasi waktu (30, 40, 50, 60) menit, hasil terbaik adalah waktu pelapisan 50 menit, disebabkan besar muatan listrik (arus x waktu) cukup, distribusi arus merata sesuai kebutuhan mengangkut ion-ion krom selama proses. Disamping itu, waktu 50 menit merupakan waktu cukup tepat bagi ion-ion krom mendeposisikan diri membentuk endapan seseragam mungkin di katoda. Secara visual pelapisan waktu 50 menit lebih cerah. Hasil uji kekerasan maupun daya tahan aus lapisan terhadap gesekan lebih tinggi dibanding variasi waktu lain.

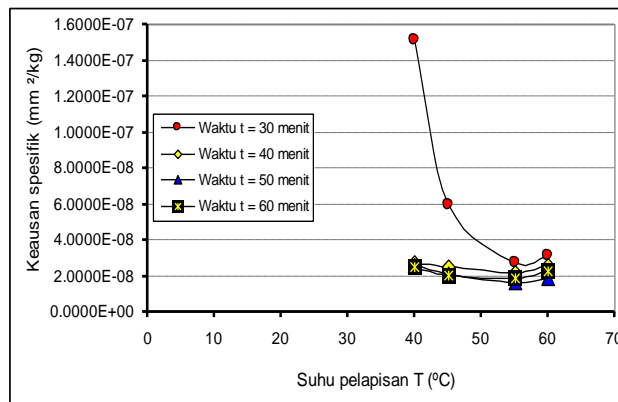
Kekerasan tertinggi pelapisan waktu 50 menit (Gambar 8) = 780.50 V<sub>HN</sub> (naik 310.79 % terhadap raw material), dan kekerasan terendah pada waktu 30 menit = 223.31V<sub>HN</sub> (17.6 % terhadap kekerasan raw material)





Gambar 8. Pengaruh waktu plating terhadap kekerasan permukaan lapisan *hard chrome*, spesimen AISI 1045

Daya tahan aus tertinggi ditunjukkan keausan spesifik terendah hasil pengujian (Gambar 9). Keausan spesifik terendah terjadi pada 55 menit =  $1.6268E-08 \text{ mm}^2/\text{kg}$  (terjadi penurunan 95.34 % terhadap keausan raw material), dan keausan spesifik tertinggi pada waktu pelapisan 30 menit =  $1.5128E-07 \text{ mm}^2/\text{kg}$  (terjadi penurunan sebesar 56.63 % terhadap keausan spesifik raw material).



Gambar 9. Pengaruh waktu plating terhadap keausan permukaan lapisan *hard chrome*, spesimen AISI 1045

### • Pengaruh Voltase Pelapisan

Proses pelapisan sangat membutuhkan tegangan listrik (voltase) agar arus bisa mengalir dari anoda ke katoda. Hasil uji variasi voltase (3, 4.5, 6, dan 9) volt, pelapisan krom voltase 6 volt menghasilkan kualitas lapisan paling bagus baik kekerasan maupun daya tahan aus lapisan dibandingkan hasil variasi voltase lain. Diakibatkan pada voltase 6 volt daya listrik ( $P$ ) yang ditimbulkan sesuai kebutuhan pelapisan.

$$P = I^2 R, \text{ atau } P = \frac{E^2}{R} \quad (4)$$

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

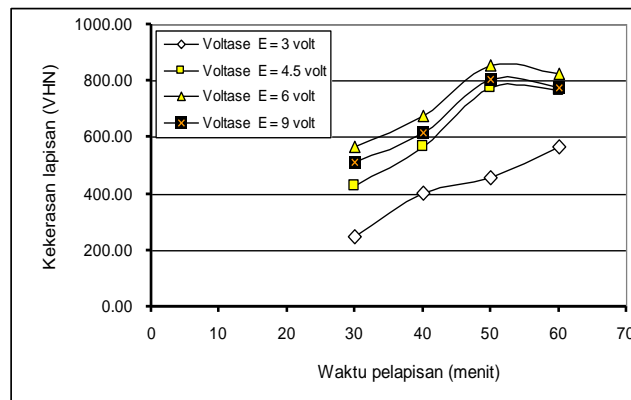
Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

dengan:  $I$  = arus listrik, amper,  
 $E$  = voltase listrik, volt,  
 $R$  = tahanan listrik, ohm,  
 $P$  = daya listrik, watt

Daya listrik ( $P$ ) proporsional terhadap voltase listrik ( $E$ ), sedangkan terhadap tahanan ( $R$ ) tidak. Jika voltase divariasikan, maka besar daya listrik akan bervariasi karena tahanan atau hambatan adalah konstan (hambatan: kabel/kawat penghantar, batang tembaga penghubung, anoda, katoda atau spesimen itu sendiri, dan larutan elektrolit).

Pada pelapisan dengan voltase 6 volt, konduktivitas arus (*current conductivity*) dan rapat arus (*current density*) sangat baik dan mobilitas ion-ion krom menuju katoda membentuk endapan jadi optimal. Disamping itu laju pelapisan (*velocity of deposition*) menjadi sangat baik, densitas lapisan lebih solid dan merata. Dengan demikian, hasil pelapisan voltase 6 volt menjadikan kekerasan lapisan serta daya tahan aus permukaan lebih tinggi.

Kekerasan tertinggi terjadi pada pelapisan voltase 6 volt (Gambar 10) = 857.17  $V_{HN}$ . Bila dibandingkan kekerasan raw material terjadi kenaikan = 757.17 % dan kekerasan terendah terjadi pada voltase 3 volt = 249.17  $V_{HN}$  (naik 31.14 % dibandingkan kekerasan raw material).

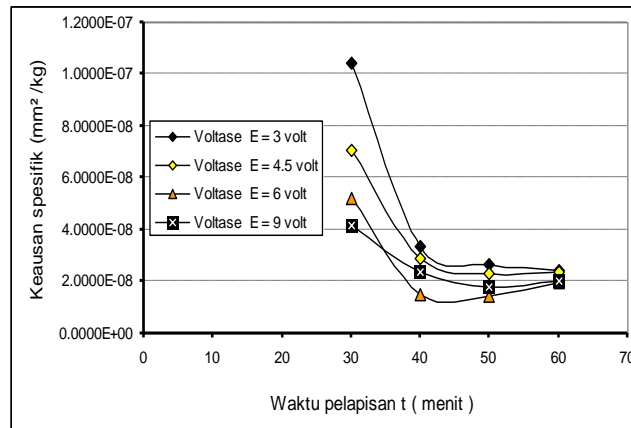


Gambar 10. Pengaruh voltase pelapisan terhadap kekerasan permukaan lapisan *hard chrome*, spesimen AISI 1045

Keausan spesifik terendah ditunjukkan Gambar 11. terjadi pada voltase 6 volt =  $1.4634E-08$   $mm^2/kg$  (turun 95.80 % terhadap keausan spesifik raw material) dan keausan spesifik tertinggi terjadi pada voltase pelapisan 3 volt =  $1.04626E-07$   $mm^2/kg$  (turun 70.00 % terhadap keausan spesifik raw material).

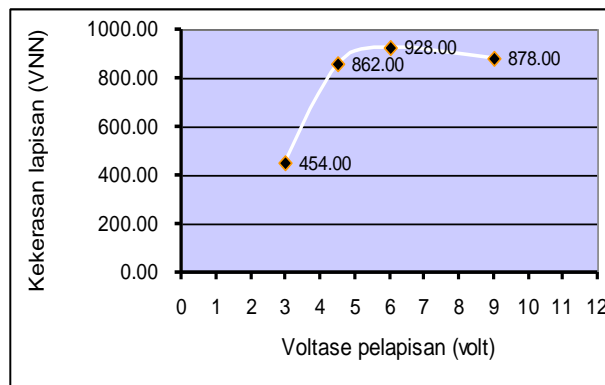
# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009



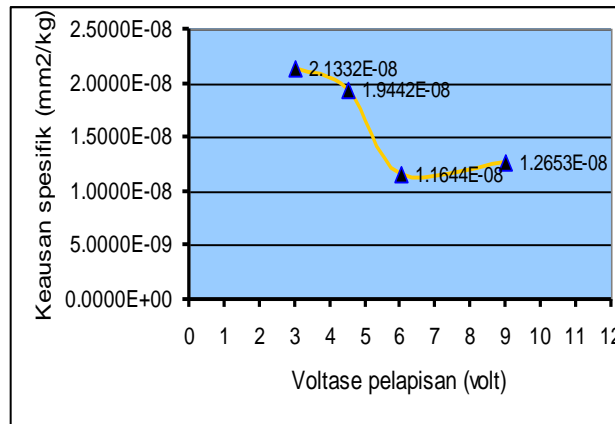
Gambar 11. Pengaruh voltase pelapisan terhadap keausan permukaan lapisan *hard chrome*, spesimen AISI 1045

Dari variasi 3 variabel: suhu, waktu, dan voltase yang terbaik dikombinasikan yaitu:  $T = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $t = 50$  menit, dan  $E = 6$  volt menghasilkan lapisan krom terbaik. Kekerasan tertinggi lapisan krom (Gambar 12) =  $928.00\text{ V}_{\text{HN}}$  dihasilkan pada kondisi pelapisan suhu  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ , waktu 55 menit dan voltase 6 volt, sedangkan kekerasan terendah =  $454.00\text{ V}_{\text{HN}}$  dihasilkan pada kondisi suhu  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ , waktu 50 menit dan voltase 3 volt (terjadi kenaikan 388.421 % dan 139.947 % terhadap raw material).



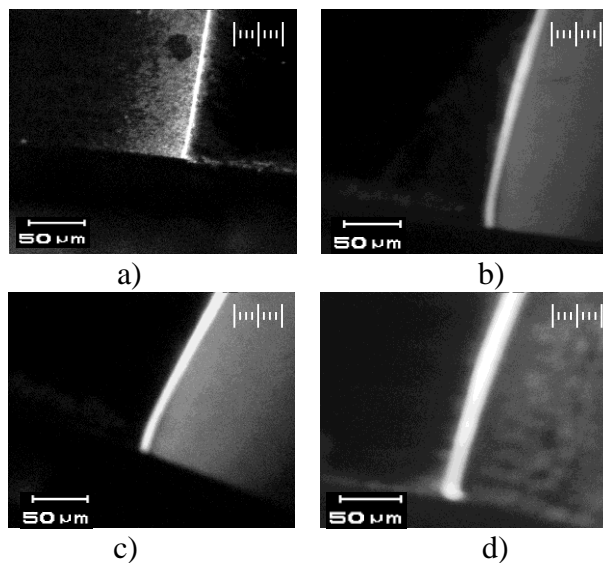
Gambar 12. Pengaruh kombinasi  $T = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan  $t = 55$  menit terhadap 'kekerasan permukaan' lapisan *hard chrome*, pada spesimen dasar baja AISI 1045

Gambar 13. menunjukkan keausan spesifik tertinggi permukaan lapisan krom =  $2.1332\text{E-}08\text{ mm}^2/\text{kg}$  terjadi pada kondisi pelapisan suhu  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ , waktu 50 menit dan voltase 3 volt, sedangkan keausan spesifik terendah =  $1.1644\text{E-}08\text{ mm}^2/\text{kg}$  terjadi pada suhu  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ , waktu 50 menit dan voltase 6 volt. Bila dibandingkan terhadap keausan spesifik raw material terjadi penurunan masing-masing sebesar 93.884 % dan 99.666 %.



Gambar 13. Pengaruh kombinasi  $T = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan  $t = 55$  menit terhadap 'keausan spesifik' permukaan lapisan *hard chrome*, pada spesimen dasar baja AISI 1045

Untuk ketebalan lapisan krom keras yang terjadi pada kondisi pelapisan suhu ( $T$ ) =  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ , waktu ( $t$ ) = 50 menit, dan voltase masing-masing 3 volt, 4.5 volt, 6 volt dan 9 volt ditunjukkan Gambar 8. Lapisan paling tipis terjadi pada pelapisan voltase 3 volt =  $16\text{ }\mu\text{m}$ , voltase 4.5 volt =  $19\text{ }\mu\text{m}$ , pada voltase 6 volt =  $22\text{ }\mu\text{m}$  dan lapisan paling tebal adalah pada voltase 9 volt =  $29\text{ }\mu\text{m}$ .



Gambar 14. Ketebalan lapisan krom hasil pelapisan kondisi kombinasi  $T = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $t = 50$  menit dengan:

- a) 3 volt =  $16\text{ }\mu\text{m}$ , b) 4.5 vol =  $19\text{ }\mu\text{m}$ ,
- c) 6 volt =  $22\text{ }\mu\text{m}$ , d) 9 volt =  $29\text{ }\mu\text{m}$

## 7. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

Suhu pelapisan atau suhu plating (T) pada proses pelapisan krom sangat berpengaruh terhadap kualitas lapisan. Pada suhu 55 °C konduktivitas termal larutan sangat baik, hantaran arus baik dan mobilitas terbentuknya ion-ion krom teratur, jumlahnya tidak berlebihan. Liquiditas larutan baik, kerapatan lapisan yang terbentuk lebih padat, lebih merata.

Lamanya waktu pelapisan atau waktu plating (t) juga berdampak pada kualitas lapisan. Waktu pelapisan 50 menit. merupakan waktu yang cukup tepat bagi ion-ion krom mendeposisikan diri membentuk lapisan seseragam mungkin. Secara visual pelapisan waktu 50menit hasilnya lebih cerah. Muatan listrik (arus x waktu) cukup, distribusi arus merata sesuai kebutuhan mengangkut ion krom selama proses, sehingga hasil pelapisan menjadi lebih baik. Tegangan atau voltase (E) juga sangat berpengaruh pada pelapisan, karena tanpa tegangan tidak ada beda potensial dan arus tidak akan mengalir. Voltase pelapisan 6 volt merupakan yang terbaik dari variasi yang lain, karena konduktivitas arus dan rapat arus sangat baik dan mobilitas ion-ion krom menuju katoda membentuk lapisan jadi optimal. Disamping itu pada voltase 6 volt laju pelapisan menjadi sangat baik, densitas lapisan yang terbentuk lebih padat solid dan merata. Dengan demikian ketiga variabel sangat berpengaruh terhadap kekerasan dan keausan lapisan dan asil dapat dirangkum sebagai berikut:

### **Pengaruh suhu terhadap kekerasan dan keausan**

Kekerasan lapisan krom tertinggi terjadi pada suhu pelapisan 55 °C = 780.50  $V_{HN}$ , kekerasan terendah pada suhu pelapisan 40 °C = 223.31 $V_{HN}$ . Keausan spesifik terendah pada suhu pelapisan 55 °C = 1.6268E-08 mm<sup>2</sup>/kg, dan keausan spesifik tertinggi terjadi pada suhu pelapisan 40 °C = 1.5128E-07 mm<sup>2</sup>/kg.

### **Pengaruh waktu terhadap kekerasan dan keausan**

Kekerasan tertinggi pada waktu pelapisan 50 menit = 780.50  $V_{HN}$ , dan kekerasan terendah pada waktu 30 menit = 223.31 $V_{HN}$ . Keausan spesifik terendah terjadi pada waktu 55 menit = 1.6268E-08 mm<sup>2</sup>/kg, keausan spesifik tertinggi waktu pelapisan 30 menit = 1.5128E-07 mm<sup>2</sup>/kg.

### **Pengaruh voltase terhadap kekerasan dan keausan**

Kekerasan tertinggi terjadi pada voltase pelapisan 6 volt = 857.17  $V_{HN}$ ., dan kekerasan terendah pada voltase 3 volt = 249.17  $V_{HN}$ . Keausan spesifik terendah pada voltase 6 volt = 1.4634E-08 mm<sup>2</sup>/kg, dan keausan spesifik tertinggi pada voltase 3 volt = 1.04626E-07 mm<sup>2</sup>/kg.

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

## Ketebalan lapisan krom

Ketebalan lapisan pada kondisi pelapisan suhu ( $T$ ) = 55 °C, waktu ( $t$ ) = 50 menit, Lapisan paling tipis pada pelapisan voltase 3 volt = 16  $\mu\text{m}$ , voltase 4.5 volt = 19  $\mu\text{m}$ , pada voltase 6 volt = 22  $\mu\text{m}$  dan lapisan paling tebal adalah pada voltase 9 volt = 29  $\mu\text{m}$ .

2. Hasil uji kekerasan bahwa, kekerasan permukaan spesimen dasar /raw material = 190  $V_{\text{HN}}$ . Kekerasan tertinggi (maksimum) lapisan krom 928  $V_{\text{HN}}$  (terjadi peningkatan 388.42 % dibandingkan kekerasan raw material). Hasil uji keausan spesifik menunjukkan keausan spesifik spesimen dasar/raw material = 3.4877E-04  $\text{mm}^2/\text{kg}$ . Keausan spesifik terendah (minimum) lapisan krom = 1.1644E-08  $\text{mm}^2/\text{kg}$  (turun 99.67 % terhadap keausan spesifik raw material). Dengan demikian, hasil tersebut merupakan hasil optimum pelapisan. Ketebalan lapisan pada kondisi pelapisan optimum terjadi pada voltase 6 volt = 22  $\mu\text{m}$ .

## Jadi kondisi optimum pelapisan:

Suhu pelapisan = 55 °C, waktu pelapisan = 50 menit dan voltase pelapisan = 6 volt. Pada kondisi ini mampu menghasilkan kekerasan tertinggi dan keausan spesifik terendah. Bila hasil tersebut dikaitkan sifat mekanis bahan pada kondisi sama menunjukkan bahwa peningkatan kekerasan lapisan permukaan akan menghasilkan ketahanan aus spesifik permukaan lebih baik.

## 8. Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada yth. :

1. Bapak Viktor Malau FT UGM, 2. Bina Chrome Sleman Yogyakarta, 3. Teman-teman dan berbagai pihak atas dukungan spirit yang diberikan.

## Daftar Pustaka

- [1] ASM Handbook., Surface Engineering, under prepared and direction by the ASM International Handbook Committee, volume 5. 1994.
- [2] ASM Handbook, Corrosion of Electroplated Hard Chromium, The Materials Information Company Surface, ASM International Handbook Committee, vol. 13, 1999.
- [3] Gunawan, A., Nadia, H., dan Prajitno Djoko, H., Pengaruh Temperatur dan Waktu Proses Pack chromizing Pada Baja AISI 1050, Prosiding Seminar Nasional Product Design & Development, UGM., 2005.
- [4] Krisnaputra, R., Pengaruh Variasi Pada Proses Pelapisan Chrome Terhadap Kekerasan dan Laju Korosi Baja Karbon di Lingkungan Air Laut, UGM Prog. Studi Teknik Mesin : Tesis. 2007.

## Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

- [5] Kazutomo Hoshino, Yoshaki Iijima and Ken-Iche Hirano, Diffusion of Vanadium, Chromium and Manganese in Copper, Tohoku University, Sendai, Japan, Dept. of Materials Science, Faculty of Engineering. 1976.
- [6] Lowenheim Frederick Adolph, Electroplating, McGraw-Hill Book Company, Sponsored by the American Electroplaters's Society, ISBN 0-07-038836-9, 1978.
- [7] Mark's, Standard Handbook for Mechanical Engineers, Materials of Engineering, Section 6, McGraw-Hill Companies, Inc, Tenth Edition, 1996.
- [9] Malau, V.iktor, Perlakuan Permukaan, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin: Diktat Bahan Kuliah S2., 2003.
- [10] Neely John, E. and Berton Thomas, J., Practical Metallurgy and Materials of Industry, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, Colombus, Ohio-5 th ed, ISBN : 0-13-624552-8., 2000.
- [11] Nurbanasari Mellinda, Ramelan Aditianto,dan Amos P.H.H., Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri ke 15, Fakultas Teknik UGM Yogyakarta. ISBN : 978-979-95620-5-0., 2009
- [12] Purwanto dan Huda Syamsul., Teknologi Industri Elektroplating, Universitas Diponegoro Semarang, Cetakan Pertama, ISBN-979-704-360-6., 2005.
- [13] Permana Wahyu Ardi., Pengaruh Temperatur larutan Dalam Proses Pelapisan Khrom Keras (Hard Chrome) Terhadap Ketebalan, Kekerasan Lapisan dan Kekasaran Permukaan Pada Baja SLD, ITN Malang : Tugas Sarjana., 1999.