

## **PENGARUH TEMPERATUR PEMANASAN PLAT STRIP BAJA KARBON RENDAH PADA PELAPISAN *HOT DIPPING ZINC* (Zn) TERHADAP KETAHANAN AUS**

**Jumiadi \***

### **Abstrak**

*Pencegahan kerusakan dengan memberi perlindungan pada permukaan logam dengan pelapisan diantaranya adalah dengan proses hot dipping zinc. Pelapisan dengan bahan zinc melalui proses pencelupan yang dilakukan pada kondisi panas adalah jenis pelapisan yang sangat sederhana, prosesnya cepat dan perlu terus dikembangkan dan dilakukan penelitian-penelitian untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal lagi. Salah satu usaha guna peningkatan kualitas pelapisan adalah dengan menganalisa pengaruh variasi temperatur pemanasan logam dasar (base metal ) yang akan dilapisi sehingga dapat diketahui seberapa besar pengaruh variasi temperatur tersebut terhadap karakteristik pelapisan. Pada penelitian ini base metal yang digunakan adalah baja karbon rendah sedangkan logam pelapis digunakan zinc. Temperatur pemanasan base metal yang digunakan adalah 100<sup>0</sup>C, 150<sup>0</sup>C dan 200<sup>0</sup>C sedangkan temperatur cair zinc tetap yaitu 500<sup>0</sup>C. Pengamatan karakteristik meliputi ketahanan aus deposit. Hasil penelitian menunjukkan keausan deposit tertinggi pada temperatur pemanasan substrat 200<sup>0</sup>C yaitu dengan kedalaman abrasi 372 mm. dan volume abrasi rata-rata sebesar 0,03655 mm<sup>3</sup>.*

**Kata Kunci : Hot dipping, abrasi, ketahanan aus**

### **PENDAHULUAN**

Masalah keausan komponen berkaitan dengan program perawatan dan perbaikan peralatan, termasuk dalam lingkup ini adalah mengidentifikasi dan menangani keausan. Keausan komponen yang paling umum, disebabkan oleh terjadinya gerakan antara dua permukaan benda yang sama-sama bergerak atau salah satunya diam dan salah satunya bergerak, maka terjadilah degradasi pada permukaan benda. Semua komponen yang akan mengalami gesekan akan menjadi aus<sup>[1]</sup>. Pencegahan kerusakan tersebut salah satunya adalah pelapisan logam, karena dalam hal ini pelapisan sangat berperan sekali untuk menghambat suatu komponen dari kerusakan, sehingga umur pakai komponen tersebut menjadi lebih lama.

Pelapisan logam adalah suatu proses metalurgi yaitu terjadinya perpaduan (*alloy*) antara permukaan lapisan yang banyak melibatkan proses kimia<sup>[2]</sup>, dimana benda kerja dilapisi oleh sejenis atau paduan logam yang mempunyai titik leleh lebih rendah dibandingkan dengan benda kerja yang dilapisi. Dalam hal ini bahan-bahan yang digunakan sebagai pelapis *zinc, cadmium, tin, chrom, aluminium*, dan lain-lain yang bahannya banyak tersedia di alam ini.

Dalam penelitian ini, logam yang akan dicairkan adalah logam *zinc* (Zn) sebagai bahan pelapis (anoda) yang mempunyai titik cair 450 °C. Substrat dipanaskan didalam tungku dengan temperatur yang bervariasi sebelum dicelupkan ke dalam *zinc* yang mencair, setelah itu di *Hot Dipping*, sehingga nantinya setelah di *Hot Dipping* akan didapatkan perbedaan sifat mekanik dan sifat fisik dalam beberapa sampel uji. Sejalan dengan itu penulis ini melakukan penelitian yang menitik beratkan pada : **Pengaruh Temperatur Pemanasan Plat Strip Baja Karbon Rendah Pada Pelapisan *Hot Dipping Zinc* (Zn) Terhadap Ketahanan Aus.**

---

\* Dosen Jurusan Mesin Fak. Teknik Univ. Merdeka Malang

## TINJAUAN PUSTAKA

Ketahanan suatu logam dapat ditingkatkan secara optimal dengan beberapa metode perlakuan, salah satu diantaranya adalah metode perlakuan permukaan yang terdiri dan pengerasan permukaan dan kehalusan profil permukaan. Dalam Tribologi dijelaskan bahwa material mempunyai sifat keras dan kehalusan permukaan akan mengurangi interaksi gerak relatif dua permukaan yang berhubungan. Menurut **Likewise**<sup>[3]</sup>, permukaan yang kasar akan mempercepat keausan dan permukaan yang halus akan menghambat keausan. Untuk menghambat adanya masalah keausan, korosi salah satunya dapat dilakukan dengan cara memberi perlakuan permukaan (pelapisan) terhadap komponen logam.

Secara teori pelapisan logam adalah suatu proses dimana benda kerja dilapisi oleh sejenis atau paduan logam yang mempunyai titik leleh lebih rendah dibandingkan dengan logam yang dilapisi. Bahan yang dapat digunakan sebagai pelapis adalah *zinc*, *cadmium*, *tin*, *chrom*, *aluminium*, dan lain-lain, sedangkan tujuan pelapisan adalah untuk melindungi logam dan korosi akibat pengaruh lingkungan.

Dalam proses pelapisan logam mengalami perilaku panas, ion-ion elektrolit dan logam pelapis (anoda) berpindah menuju substrat (katoda). Proses ini berlangsung di dalam bak pelapis akibat adanya beberapa parameter. Setelah terjadi penempelan dan mengalami perubahan, substrat dipindahkan dari bak pelapis.

Galvanisasi celup panas adalah metode pelapisan substrat (baja) dengan *zinc* (Zn). Lapisan yang terbentuk mempunyai ketahanan korosi yang baik dalam lingkungan atmosfer, air garam, dan dalam kontak dengan bahan sintesis. Peningkatan ketahanan korosi ini terjadi karena pelapisan yang menyeluruh pada substrat. Kaitannya dalam perbedaan potensial elektrokimia antara baja dan seng. Seng dapat melindungi baja. Karena *zinc* dalam keadaan normal bersifat nodik terhadap logam *ferrous*, sehingga lapisan seng dapat memberikan proteksi katodik terhadap logam *ferrous*<sup>[4]</sup>

Proses ini telah lama dan telah banyak digunakan secara luas, misalnya sebagai konstruksi jembatan tol, tiang listrik, pengamanan jalan tol, plat, pipa air, kawat baja, komponen PLN, dan lain-lain. Penggunaan terbesar dari produksi *zinc* (Zn) sekitar 35 % dikonsumsi untuk perlindungan korosi, yaitu pelapisan. *zinc* mempunyai titik lebur  $\pm 450$  °C. Hal ini memungkinkan sebagai alasan mengapa *zinc* banyak digunakan, karena biaya peleburan/pencairannya sangat rendah. Alasan lain karena *zinc* sangat tahan terhadap udara kering di bawah 200 °C, akibatnya terbentuknya sehingga menghambat masuknya oksigen ke logam yang belum ter oksidasi<sup>[4]</sup>.

Kualitas suatu komponen merupakan salah satu masalah yang perlu diperhatikan secara serius. Salah satunya hasil dari pelapisan. Kualitas dari pelapisan *hot dipping zinc* dinyatakan dengan karakteristik lapisan yang terdiri dari : adhesi, korosi, abrasif dan deposit.

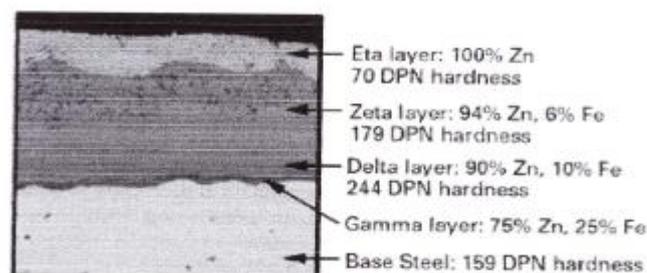
Komponen yang produktif mempunyai umur pakai yang lama pada suatu konstruksi. Namun yang menjadi hambatan suatu komponen tidak produktif salah satunya terjadi keausan pada komponen-komponen tersebut. Keausan suatu komponen, baik pada mesin maupun alat-alat lainnya (konstruksi), merupakan masalah yang serius. Masalah keausan komponen berkaitan erat dengan program *maintenance*, dengan cara mengidentifikasi dan menangani keausan tersebut. Pemeriksaan keausan secara dini, sangat berguna untuk menghindar akibat kerusakan komponen-komponen permesinan maupun peralatan lainnya

Keausan komponen yang paling umum, disebabkan oleh terjadinya gerakan antara dua permukaan benda yang sama-sama bergerak atau salah satu dari benda tersebut diam<sup>[1]</sup>, proses tersebut dinamakan peristiwa abrasif. Karena peristiwa gesekan itu, maka terjadi keterpurukan (*degradation*) pada permukaan benda. Semua komponen yang mengalami gesekan lama kelamaan akan menjadi aus<sup>[1]</sup>. Alat-alat seperti mesin untuk proses produksi, perlengkapan transportasi, pipa, konstruksi jembatan, tiang listrik, semuanya tidak akan pernah terlepas dari masalah keausan ini. Namun keausan ini terjadi dalam jumlah yang sangat kecil sehingga sangat sulit untuk dievaluasi.

Pada tekanan dan temperatur tinggi permukaan metal akan tertempel dengan permukaan metal yang lain. Gaya ikat (*adhesive*) pelapisan *Hot Dipping* terhadap logam induk baja dipengaruhi oleh persiapan permukaan, waktu dan komposisi kimia, *pickling*<sup>[5]</sup>. Ketebalan lapisan *Hot Dipping* tiap komponen berbeda yang disesuaikan dengan aplikasi dari pemakaian komponen tersebut.

Proses pelapisan akan mengakibatkan penempelan terhadap substrat akibat adanya hubungan ikatan metalurgi antara substrat dan logam pelapis. Pelapisan akan menciptakan penghalang kerusakan terhadap hasil lapisan. Suatu lapisan dari *hot dipping* secara khas terdiri dari tiga campuran logam lapisan antara lain <sup>[6]</sup> :

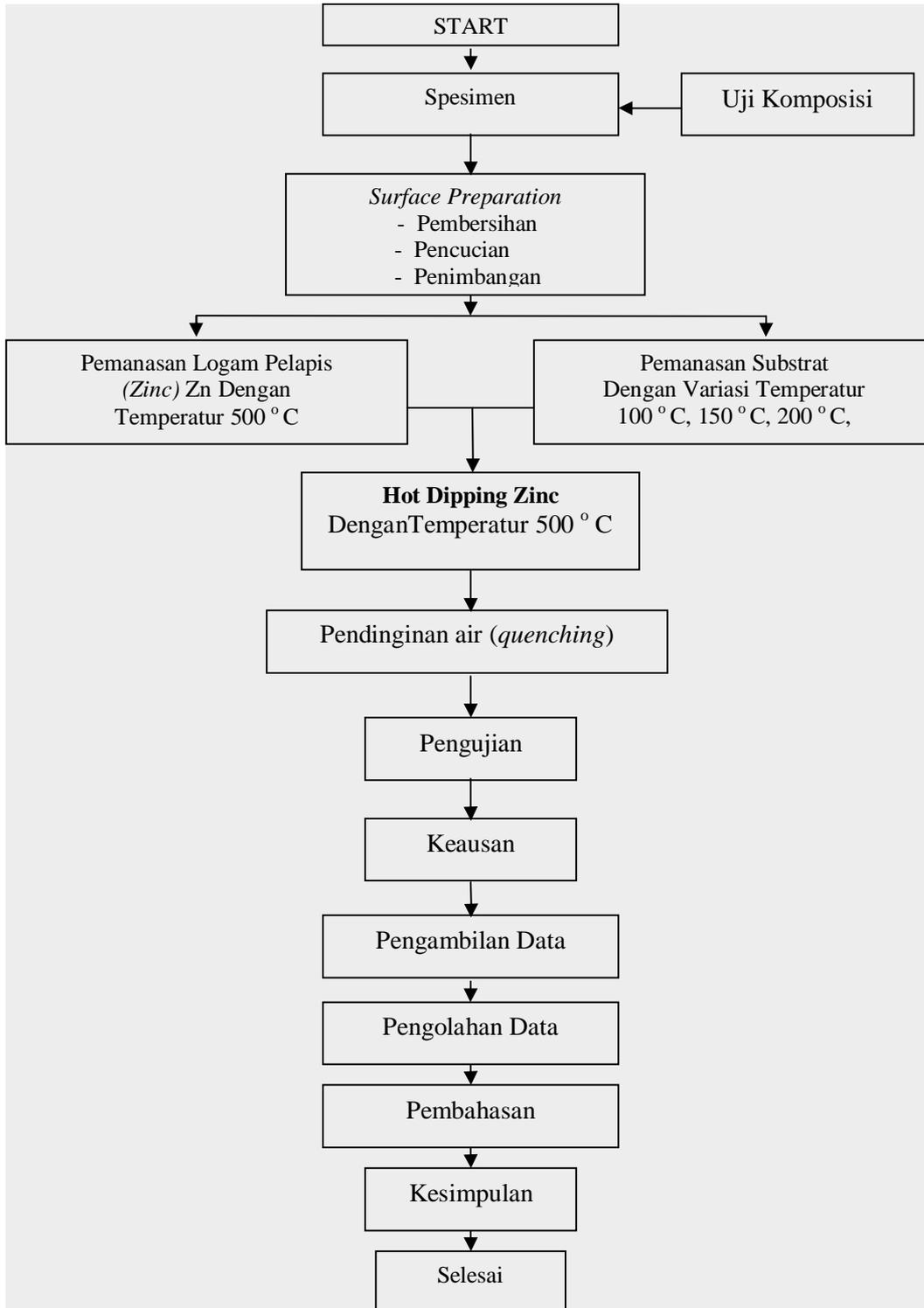
- § Lapisan gamma tipis terdiri atas dari suatu campuran logam 75 % seng dan 25 % baja
- § Lapisan delta terdiri atas dari suatu campuran logam 90 % seng dan 10 % baja
- § Lapisan Zeta terdiri atas dari suatu campuran logam 94 % seng dan 6 % baja
- § Lapisan Eta sebelah luar yang adalah terdiri atas seng



**Gambar 1. Karakteristik Base Metal dan Lapisan Seng<sup>[6]</sup>**

Masing-masing lapisan ditandai oleh suatu ukuran kekerasan Nomor Jumlah Piramida Intan/*Diamond Pyramid Number* (DPN). DPN adalah suatu ukuran kekerasan progresif (yaitu semakin tinggi nomor/jumlah menunjukkan besar angka kekerasan).

## METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 2. Digram Alir Penelitian

Pada penelitian ini material yang digunakan adalah baja karbon rendah, dipilih sebagai substrat pelapisan *zinc*. Untuk mengetahui komposisi kimia substrat dilakukan uji komposisi kimia. Pada pengujian ini dihasilkan komposisi sebagai berikut :

**Tabel 1. Komposisi Substrat**

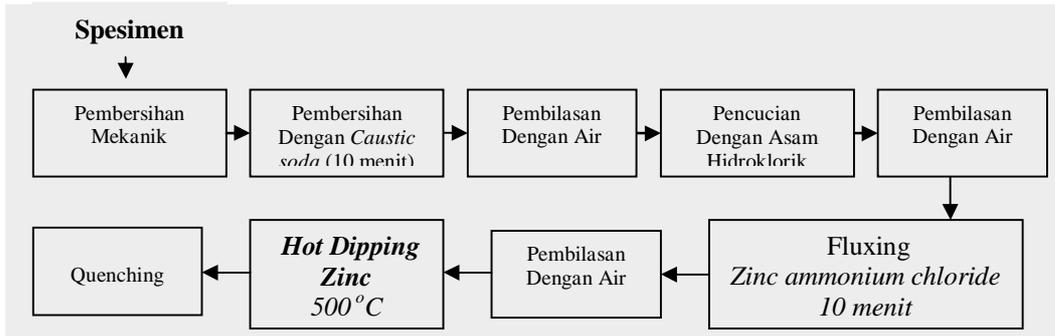
KOMPOSISI KIMIA	KONSENTRASI
C	0,082 %
P	0,045 %
S	0,039 %
Mn	0,527 %
Si	0,359 %
Cr	0,196 %
Ni	0,121 %
W	< 0,001%
Mo	< 0,001 %
Fe	98,629 %

Jumlah spesimen (*test piece*) yang diperlukan untuk penelitian sejumlah 9 buah. Pembuatan spesimen diproses dengan mesin perkakas, dan pengerjaan akhir proses penghalusan (pengamplasan).

Untuk mengetahui berat spesimen uji (gram) maka perlu dilakukan penimbangan. Penimbangan awal dilakukan sebelum di *Hot Dipping*, setelah itu dilakukan penimbangan akhir setelah di *Hot Dipping* untuk mengetahui berat akhir spesimen setelah proses pelapisan.

Pelapisan *Hot Dipping Zinc* pada substrat diawali dengan persiapan material (*preparation material*). Pemilihan material dipilih baja karbon rendah. Proses kedua *surface preparation*, yaitu pembersihan kotoran organik dan anorganik (lemak dan karat) dengan soda kaustik/sabun. Selanjutnya dilakukan pencucian (proses *pickling*) dengan menggunakan asam hidroklorik, kemudian pembilasan kedalam air. Langkah paling akhir adalah proses *fluxing*. Pada proses *fluxing* larutan yang digunakan yaitu *Zinc Ammonium Chloride*. Setelah itu dilakukan proses pencelupan spesimen kedalam bak/media celup, kemudian spesimen dilakukan penarikan dari bak pelapis untuk didinginkan dalam air (*quenching*).

Peralatan yang digunakan untuk pelapisan *Hot Dipping* tersusun secara sederhana dalam skala, laboratorium. Satu set bak pelapis dan alat pemegang Diagram alir proses pelapisan dapat dilihat dalam gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Pelapisan Hot Dipping Zinc

Pengujian yang diperlukan dalam penelitian pelapisan Hot Dipping Zinc meliputi uji komposisi kimia substrat dan uji keausan yang bertujuan mengetahui perubahan dari substrat setelah mengalami pelapisan.

### PEMBAHASAN

Untuk penentuan volume, luas abrasi merupakan fungsi dari lebar abrasi ( $b$ ) dan kedalaman abrasi ( $h$ ). Hubungan lebar dan kedalaman abrasi dinyatakan dalam persamaan [7]:

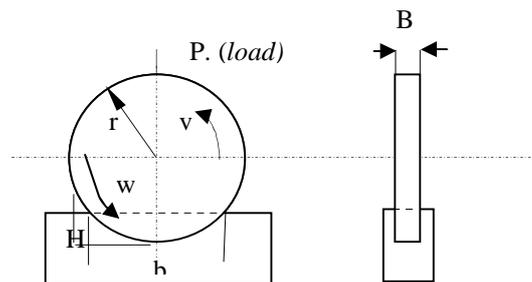
$$b = 2\sqrt{2hr}$$

yang mana  $r$  adalah jari-jari disk. Pengukuran jejak keausan dilakukan dibawah mikroskop, diukur dengan alat ukur micrometer sehingga diperoleh nilai  $b$ . Nilai  $b$  dalam tabel 2. merupakan nilai rata-rata tiap spesimen dengan tiga kali pengujian. Secara sistematis didapatkan nilai  $b$  rata-rata.

Luas abrasi ( $S$ ) dinyatakan dengan persamaan [7]:  $S = B \cdot b$

yang mana  $B$  adalah tebal disk.

Volume abrasi ( $W$ ) dinyatakan dengan persamaan [7]:  $W = B \cdot b^{1/3} / 12 \cdot r$



dari kedalaman ( $h$ ) tiap spesimen dapat dihitung dengan persamaan :

$$b = 2\sqrt{2hr}$$

### Spesimen I

Diketahui :  $b$  ( lebar abrasi) sesuai data = 5,243 mm

$r$  ( jari jari disk) = 12,5 mm

maka kedalaman abrasi ( $h$ )  $b = 2\sqrt{2hr}$  (mm)

$$\frac{b}{2} = \sqrt{2 h r} \rightarrow \left(\frac{b}{2}\right)^2 = 2 h r \rightarrow \frac{b^2}{4} = 2 h r \rightarrow \frac{b^2}{4 \cdot 2 \cdot r} = h \rightarrow h = \frac{b^2}{8 \cdot r}$$

kedalaman abrasi (h)

$$h = \frac{b^2}{8 \cdot r} = \frac{5,243^2}{8 \cdot 12,5} = 0,2748 \text{ mm} = 274,8 \mu\text{m}$$

Volume abrasi :

$$W = B \cdot b^{1/3} / 12 \cdot r$$

maka :

$$W = 3 \times 5,43^{1/3} / 12 \times 12,5 = 0,03474 \text{ mm}^3$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini. Berdasarkan hasil pengujian keausan lapisan *zinc* hasil percobaan terlihat pada tabel 2 dan gambar 4. Harga keausan dinyatakan dengan kedalaman keausan ( $\mu\text{m}$ ). Hasil pengamatannya adalah sebagai berikut:

Bertambahnya temperatur pemanasan substrat dari 100 °C sampai 200 °C akan menambah kedalaman keausan lapisan deposit *zinc*. Kedalaman keausan lapisan dari 274,8 ( $\mu\text{m}$ ) sampai 367,5 ( $\mu\text{m}$ ) dengan rentan peningkatan dari 4,4 ( $\mu\text{m}$ ) sampai 26,9 ( $\mu\text{m}$ ).

**Tabel 2. Data Hasil Uji Keausan Lapisan Zinc**

Replication	Temp. (°C)	Keausan			
		Lebar Rata-rata (mm)	Kedalaman		Volume Rata-rata (mm <sup>3</sup> )
			Harga kedalaman (mm)	Rata-rata (mm)	
1	100	5,243	274,8	291,2	0,03474
2		5,493	301,7		0,03528
3		5,453	297,3		0,03520
1	150	5,767	332,5	334,3	0,03586
2		5,863	343,7		0,03606
3		5,716	326,7		0,03575
1	200	6,118	374,2	372,2	0,03657
2		6,123	374,9		0,03658
3		6,063	367,5		0,03646

Pada tekanan dan temperatur tinggi permukaan metal akan tertempel dengan permukaan yang lain. Gaya ikat (*adhesive*) pelapisan terhadap logam induk (baja) dipengaruhi persiapan permukaan (*surface preparation*) waktu dan komposisi kimia pada waktu proses *pickling* dan *fluxing*<sup>[8]</sup>. Pada proses *pickling* ini bertujuan menghilangkan kotoran, kerak, karat, serta lemak (oli, *grease*) dari permukaan substrat dengan zat asam hidroklorik. Pada proses *fluxing* selain bertujuan memindahkan dan mencegah timbulnya oksida lebih lanjut pada permukaan substrat sebelum pencelupan disamping itu juga ion-ion dari elektrolit (*zinc chloride* dan *ammonium chloride*) akan menimbulkan gaya ikat (*adhesive*) terhadap permukaan substrat dimana kedua

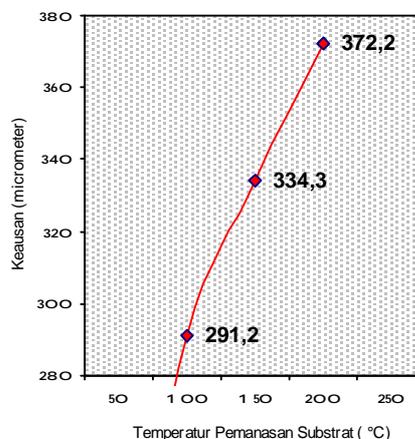
zat ini berperan sangat penting, yaitu sebagai penghantar serta mempercepat reaksi terjadinya penempelan permukaan substrat pada waktu di celupkan pada media/bak pelapisan. karena dengan tidak dilakukannya proses *fluxing* tidak akan terjadi penempelan. Pada pembahasan ini peneliti salah satunya membahas tentang variasi temperatur pemanasan substrat pada pelapisan *hot dipping zinc* beberapa hal yang berhubungan dapat dijelaskan sebagai berikut :

§ Kenaikan temperatur akan meningkatkan produk (berat) deposit lapisan *zinc*. Mengingat semakin tinggi temperatur pemanasan substrat akan mengalami peristiwa pengkasaran permukaan, sehingga saat penarikan logam pelapis akan terhambat/sulit turun ke bawah, akibatnya terjadi penebalan yang diikuti penurunan temperatur.

§ Semakin tinggi temperatur pemanasan substrat akan mempercepat laju pembentukan deposit, atau dengan semakin rendah temperatur pemanasan substrat akan memperlambat laju pembentukan deposit. Waktu yang lambat akan memberikan kesempatan butir untuk tumbuh (*grow nuclei*) daripada untuk munculnya butir baru (*fresh nuclei*) Menurut **Broadly**<sup>[6]</sup> dan waktu pembentukan singkat menyebabkan butir baru muncul daripada butir tumbuh.

§ Semakin tinggi temperatur pemanasan substrat kecepatan dari reaksi atom, maka semakin cepat terjadi penempelan (*difusi*) sehingga akan terjadi penebalan.

Mengingat di dalam Tribologi bahwa keausan itu sendiri berbanding terbalik dengan kekerasan dan sebanding dengan pembebanan. Artinya material logam dengan kekerasan yang tinggi laju keausannya berkurang. Disamping kekerasan, kehalusan permukaan juga menentukan laju keausan. Kenaikan temperatur pemanasan substrat meningkatkan angka keausan. Pada temperatur 100 °C kedalaman keausan sebesar 291,2 µm, pada temperatur 150 °C sebesar 334,3 µm, dan pada temperatur 200 °C sebesar 372,2 µm. kenaikan ini disebabkan oleh semakin tebalnya lapisan dan kekerasannya semakin menurun disamping itu diakibatkan oleh kekerasan dari logam pelapis sendiri rendah sehingga sifat dari lapisan lunak.



**Gambar 5. Grafik Hubungan Temperatur Pemanasan Substrat Vs Keausan Lapisan Zinc**

## SIMPULAN

Dari rangkaian penelitian dan analisa data penelitian perlakuan permukaan *Hot Dipping Zinc* yang dikaitkan dengan variasi pemanasan substrat (plat strip baja karbon rendah) pada proses *Hot Dipping Zinc* terhadap penentuan variabel, disimpulkan sebagai berikut:

1. Kenaikan temperatur pemanasan substrat dimulai dari 100 °C, 150 °C, 200°C mempengaruhi terhadap keausan lapisan deposit *zinc* yaitu terjadi peningkatan keausan. Bertambahnya temperatur pemanasan substrat dari 100 °C sampai 200 °C akan menambah kedalaman keausan lapisan deposit *zinc*. Kedalaman keausan lapisan dari 274,8 (µm) sampai 367,5 (µm) dengan rentang peningkatan dari 4,4 (µm) sampai 26,9 (µm).
2. Berdasarkan karakterisasi pengujian pada pelapisan *hot dipping zinc*, maka tujuan pelapisan lebih mengarah pada sifat fisik, yaitu utamanya memberikan ketahanan terhadap keausan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Artikel Mega Konstruksi, 2001. <http://www.DirectoriKonstruksiIndonesia.htm>
- [2] Artikel Pelapisan logam, 2003. <http://www.pelapisanlogam.htm>
- [3] I. M. Hutchings, Tribologi, 1992. *Friction and Wear Of Engineering Materials*, St Edmundsbury Press Ltd, London
- [4] Artikel Ai. Astra, tanpa tahun, email [ydba @ai.astra.co.id](mailto:ydba@ai.astra.co.id)
- [5] Sugiarto, 1996. Diktat Kuliah, *Metode Pengendalian Korosi*, Fakultas Teknik, Jurusan Mesin, Universitas Merdeka Malang
- [6] Peter T. Kissinger, William R. Heineman, 1996, *Electro Analytical chemistry*, Published by Marcell Dekker inc, New York
- [7] Sidney H. Avner, 1987. *Introduction to Physical Metallurgy*, Second Edition, MC.Graw Hill International, Singapore
- [8] ASM Metal Handbook Ninth Edition Vol.5, 1975. *Surface Cleaning, finishing and coating*, Metals Park, Ohio

