

## Pengaruh Kekasaran Permukaan Terhadap Porositas Hasil *Hot Dipped Galvanizing* (HDG)

Femiana Gapsari MF, Putu Hadi Setyarini, Fikrul Akbar Alamsyah

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jl. MT. Haryono 167 Malang 65165, Indonesia

[E-mail: femianagapsari@gmail.com](mailto:femianagapsari@gmail.com)

### Abstract

*The process of Hot Dipped Galvanizing (HDG) is done in this study in order to cover steel AISI 1010. This study is aimed at investigating the influence of the variation of roughness level of specimen towards the layer thickness and the porosity of the hot dipped galvanizing of steel AISI 1010. The level of roughness of the specimen is obtained from grinding on grid 100, 500, 800, and 1000. This process causes difference in the roughness of the surface which is measured by using the Surface Roughness Test. The controlled variable is dipping temperature of 480°C. The time of hot dipped galvanizing is 6 minutes, while the time of grinding is 3 minutes. The test done in this study is non destructive test with spray test. The result showed that the porosity increased as the function of the roughness.*

**Keywords:** hot dipped galvanizing, spray test, porosity, surface roughness.

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Baja merupakan material logam yang paling banyak digunakan di bidang teknik, dalam bentuk pelat, lembaran, pipa, batang, profil dan sebagainya karena baja mempunyai kekuatan yang tinggi. Akan tetapi hal ini seringkali tidak ditunjang dengan ketahanan aus dan korosi yang memadai [1]. Oleh karena itu maka dibutuhkan suatu metode yang diupayakan untuk penanggulangan korosi dan keausan sejak dini dengan melakukan proses *surface treatment* yaitu dengan memberi perlindungan pada permukaan logam dengan logam lain, salah satunya dengan cara *hot dipped galvanizing*.

Proses pelapisan *hot dipped galvanizing* dapat ditemukan hampir di setiap aplikasi terutama industri yang memanfaatkan material utamanya besi dan baja yang membutuhkan perlindungan terhadap aus dan korosi secara menyeluruh dan waktu perlindungan yang lebih lama. Misalnya pada industri peralatan listrik dan air, pemrosesan kimia, otomotif, dan transportasi.

Secara definisi, *hot dipped galvanizing* merupakan suatu proses pelapisan dengan menggunakan *zinc*, dengan cara mencelupkan logam yang akan dilapisi kedalam media pelapis logam (*zinc*) yang sebelumnya telah mengalami proses

peleburan, serta titik lebur logam pelapis harus lebih rendah dari logam yang akan dilapisi.

Proses *hot dipped galvanizing* banyak digunakan dikarenakan efisien bisa dikerjakan dalam kondisi cuaca apapun, dalam skala besar cenderung lebih murah, proses pengerjaan yang cepat, lapisan hasil cenderung lebih tahan lama dibandingkan pelapisan lainnya, bisa melapis area tertentu misalnya daerah tepi (*edges*) maupun area bersudut, meningkatkan ketahanan abrasi dan korosi dan kekuatan ikatannya lebih besar. Kerugian *hot dipped galvanizing* ketebalan lapisan dari permukaan *hot dipped galvanizing* kurang merata dan rawan sekali terjadi distorsi jika dalam perencanaan prosesnya kurang maksimal. Hal tersebut beresuaian dengan penelitian yang dilakukan oleh Yadav [2] yang menyatakan bahwa bahwa lapisan paduan Fe-Zn hasil proses hot dip galvanizing memiliki laju korosi terendah dibanding lapisan lain.

Hasil proses pelapisan *Hot Dipped Galvanizing* dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain faktor proses preparasi/*pre-treatment* (*degreasing, pickling, fluxing* dan *rinsing*), komposisi baja, komposisi larutan *zinc* cair, tingkat kekasaran, temperatur,

waktu pencelupan serta laju dan sudut pengangkatan baja dari bak zinc.

Adanya porositas pada suatu produk hasil pelapisan menyebabkan produk tersebut menjadi cacat.

Porositas merupakan salah satu sumber utama diskontinuitas dalam suatu pelapisan. Porositas dapat memicu terjadinya *crack* akibat dari tegangan internal yang tinggi dan diskontinuitas. Hal ini disebabkan oleh korosi atau *treatment* berikutnya seperti pemakaian *deposit* setelah *pelapisan*. Dalam banyak kasus porositas tidak diinginkan. Pori-pori dapat mengekspos substrat untuk korosif, mengurangi sifat mekanik dan mempengaruhi kerapatan, sifat listrik dan karakteristik difusi. Pada proses difusi, pori-pori yang terbentuk sebagai akibat dari pemanasan (*kirkendall voids*) dapat mengurangi adhesi deposit.

Porositas dalam lapisan yang dijadikan anoda tumbal seperti *zinc* pada baja tidak terlalu berbahaya. Hal ini disebabkan karena sebagian besar lingkungan *zinc* paling katodik akan melindungi baja di bagian bawah pori-pori yang berdekatan. Namun, untuk logam mulia, porositas yang sama mungkin akan bermasalah.

Menyadari hal tersebut peneliti mengambil permasalahan yaitu pengaruh variasi perlakuan tingkat kekasaran spesimen terhadap porositas *hot dipped galvanizing* pipa baja AISI 1010.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi tingkat kekasaran spesimen terhadap hasil *hot dipped galvanizing* pipa baja AISI 1010.

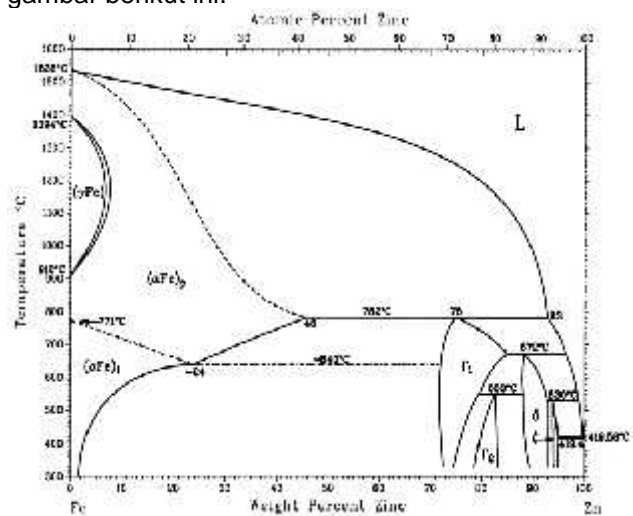
**Tinjauan Pustaka**

Baja dengan kandungan karbon < 0,3 %, memiliki kekuatan sedang dengan keuletan yang baik dan sesuai tujuan pabrikasi digunakan dalam kondisi tertentu untuk konstruksi atau struktural seperti; jembatan, bangunan gedung, kendaraan bermotor dan kapal laut. Biasanya dibuat dengan pengerjaan akhir rol dingin dan annealing. Klasifikasi baja ini termasuk dalam AISI (*American Iron and Steel Institute*) 1010, 1016, 1018, 1019, 1020. Dalam perdagangan contoh produknya dibuat dalam bentuk plat, profil, pipa, batangan untuk keperluan tempa, dan pekerjaan mesin.

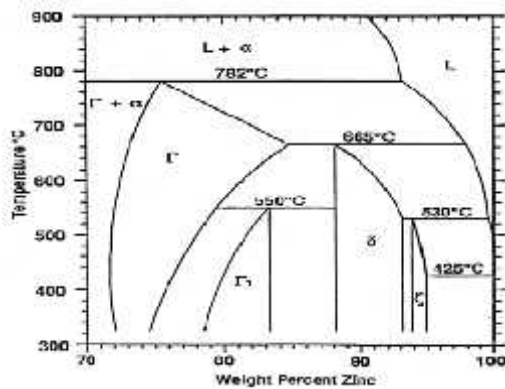
*Zinc* adalah logam putih kebiruan, logam ini cukup mudah ditempa dan liat pada 110<sup>0</sup>C-150<sup>0</sup>C dan menjadi sangat rapuh jika dipanaskan diatas 200<sup>0</sup>C. Jika dibiarkan di udara terbuka yang lembab, akan terbentuk lapisan garam-garam dasar tipis dan putih sebagai pelindung, untuk sifat ini maka *zinc* lebih cocok jika digunakan untuk melapisi baja dengan proses *galvanisasi*.

*Zinc* dapat melebur dalam dapur galvanis pada temperatur 419<sup>0</sup>C dan mempunyai titik didih 907<sup>0</sup>C (). Pelapisan logam dengan logam pelapis *zinc* memiliki beberapa keuntungan yaitu : murah, cukup tersedia dialam dan tahan lama.

Pada diagram kesetimbangan Fe-Zn, terdapat 2 daerah fasa cair yang terpisah dimana dibatasi oleh campuran fasa gas dan fasa padatan (campuran Fe dan Zn) dengan uap yang berkadar *zinc* tinggi sebagaimana tergambar pada gambar 1 . Gambar 2 menunjukkan daerah yang kaya akan *zinc*. Diagram tersebut ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 1. Diagram Kesetimbangan Fe-Zn[3].



Gambar 2. Daerah Rich Zing Dari FeZn Pada Diagram Fasa [3].

Pada diagram kesetimbangan Fe-Zn seperti Gambar 1 dan Gambar 2, ada empat fasa intermetalik yang terbentuk dari reaksi antara Fe dan Zn cair yaitu fasa eta ( $\eta$ ), fasa zeta ( $\zeta$ ), fasa delta ( $\delta$ ) dan fasa gamma ( $\gamma$ ) dimana masing-masing fasa memiliki struktur kristal yang berbeda. Karakteristik dari tiap-tiap fasa tersebut adalah sebagai berikut :

1. Fasa eta ( $\eta$ )

Fasa ini terdiri dari hampir seluruhnya zinc murni. Hal ini disebabkan kelarutan Fe pada temperatur lebur zinc adalah maksimum 0,002%. Pada fasa ini kristalnya memiliki struktur kristal susunan padat heksagonal (*Close Packed Hexagonal*).

2. Fasa zeta ( $\zeta$ )

Fasa ini mengandung Fe dengan kadar 6,0 – 6,2 %. Stabil pada temperatur dibawah 530°C – 644°C. Pada fasa ini struktur kristal yang terbentuk adalah monoklinik.

3. Fasa delta ( $\delta$ )

Fasa ini mengandung Fe dengan kadar 7 – 12 %. Stabil pada temperatur dibawah 620°C – 644°C. Pada fasa ini struktur kristal yang terbentuk adalah heksagonal.

4. Fasa gamma ( $\gamma$ )

Fasa ini mengandung Fe dengan kadar 20,5 – 28,0%. Stabil dibawah temperatur 668°C – 780°C. Struktur kristalnya merupakan kubus pemusatan ruang.

Fasa delta ( $\delta$ ) terbentuk dari transformasi fasa zeta ( $\zeta$ ) dan fasa gamma ( $\gamma$ ) yang terbentuk dari relasi peritektik antara padatan besi dengan zinc cair. Sedangkan fasa eta ( $\eta$ ) terjadi karena logam zinc murni

yang ikut terbawa saat benda kerja keluar dari bak galvanisasi.

Pelapisan permukaan logam sering digunakan untuk menambah kekerasan, ketahanan abrasi, dan mencegah terjadinya korosi [1]. Metode pelapisan permukaan logam telah banyak ditemukan dan diteliti pengaruhnya terhadap permukaan logam itu sendiri. Pelapisan ini dapat dilakukan dengan pelapisan menggunakan logam lain dengan syarat logam yang melapisi mempunyai sifat yang lebih baik daripada logam yang dilapisi [4]. Pelapisan secara garis besar dibagi menjadi 2 macam yaitu:

a. *Surface Treatment*, yang terdiri dari beberapa macam antara lain:

1. *Electroplating*
2. Pengecatan
3. *Hot dipping*

b. *Case Hardening* yang terdiri dari beberapa macam antara lain:

1. *Carburizing*
2. *Cyaniding*
3. *Nitriding*

**Hot Dipped Galvanizing (HDG)**

Pelapisan *hot dipped galvanizing* adalah suatu proses pelapisan dimana logam pelapisnya yaitu zinc dileburkan terlebih dahulu didalam bak galvanis ataupun dapur peleburan dengan suhu berkisar antara 420-480°C, kemudian logam yang akan dilapisi yang disebut logam dasar dicelupkan kedalam bak *galvaniz* yang telah berisi zinc cair, selanjutnya benda kerja untuk beberapa saat tetap dalam bak *galvaniz* agar terbentuk lapisan zinc.

Sebelum melakukan proses *hot dipping galvanizing* hendaknya melakukan proses *pre-treatment* terlebih dahulu, agar didapatkan kualitas lapisan yang diinginkan.

**Proses Hot Dipped Galvanizing**

Secara garis besar proses pelapisan *hot dipped galvanizing* sama dengan proses pelapisan dengan metode lain, yaitu proses pelapisannya memerlukan tiga tahap pengerjaan yaitu:

1. *Proses Pre-treatment*

Permukaan benda kerja yang akan dilapisi harus dalam kondisi bersih, bebas dari bermacam-macam pengotor. Hal ini mutlak

agar didapat hasil lapisan yang baik. Untuk mendapatkan kondisi seperti tersebut perlu dilakukan pengerjaan pendahuluan dengan tujuan :

- a. Menghilangkan semua pengotor yang ada dipermukaan benda kerja seperti pengotor organik, anorganik/oksida dan lainnya.
- b. Mendapatkan kondisi fisik permukaan benda kerja yang lebih baik dan aktif.

Teknik pengerjaan pendahuluan ini tergantung dari pengotoran, tetapi secara umum dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

#### 1. Pembersihan secara mekanik

Pekerjaan ini bertujuan untuk menghaluskan permukaan benda kerja yang tidak rata dan menghilangkan goresan-goresan serta beram-beram yang masih melekat pada benda kerja. Biasanya untuk menghaluskan permukaan benda kerja dan menghilangkan goresan-goresan serta kerak-kerak tersebut dilakukan dengan mesin gerinda dan mesin *centrifugal sand paper*.

#### 2. Pembersihan secara kimiawi

Pekerjaan ini bertujuan untuk menghilangkan kotoran yang berupa minyak, cat, lemak dan karat meliputi :

##### a. *Degreasing*

Kotoran-kotoran yang berupa minyak, cat, lemak dan kotoran padat lainnya harus dibersihkan terlebih dahulu dari permukaan material yang akan mengalami pencelupan. Sehingga *degreasing* ini bertujuan menghilangkan kotoran-kotoran tersebut dengan menggunakan soda kaustik atau NaOH.

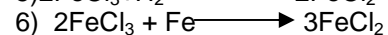
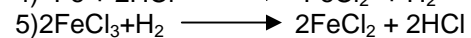
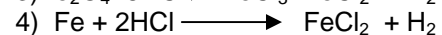
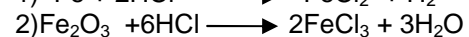
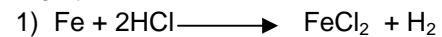
Pencelupan kedalam soda kaustik yang konsentrasi larutannya sekitar 10% dilakukan pada temperatur antara 70°C dengan lama pencelupan sekitar 10 menit.

##### b. *Water Rinsing*

Setelah benda uji melalui proses *degreasing* kemudian benda uji tersebut dimasukkan kedalam bak yang berisi air, yang bertujuan untuk menghilangkan sisa-sisa larutan penghilang minyak dari proses *degreasing*. Tahapan ini berlangsung 10 menit.

##### c. *Pickling*

Untuk menghilangkan karat dan menghindari lapisan oksida penyebab terjadinya korosi dari permukaan material maka dilakukan proses *pickling*. Proses ini dilakukan dengan mencelupkan material kedalam larutan asam klorida (HCl) atau asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dengan konsentrasi 10 %-15 % dan waktu pencelupan 10 menit



Proses *pickling* ini terjadi seperti ditunjukkan pada reaksi 1,2 dan 3 sedangkan reaksi 4, 5 dan 6 merupakan peristiwa *overpickling* (proses yang berlebihan). Terbentuknya gas H<sub>2</sub> pada reaksi ke 4 dapat menimbulkan lapisan *galvanizing* yang melepuh.

##### d. *Water rinsing*

*Water Rinsing* Setelah melalui proses *pickling* dibersihkan dengan cara dimasukkan kedalam bak yang berisi air, proses ini bertujuan untuk menghilangkan sisa-sisa asam dari proses *pickling* tahapan ini berlangsung 10 menit.

##### e. *Fluxing*

Proses *fluxing* merupakan proses pelapisan awal dengan memakai larutan Zinc Amonium Clorida (ZAC)/(NH<sub>4</sub>Cl) dengan konsentrasi larutan 35% pada suhu 70°C selama 10 menit dan dilanjutkan dengan proses *drying*. Tujuan dari proses *fluxing* ini adalah :

1. Lapisan dapat melekat dengan baik (pelapisan awal).
2. Sebagai katalisator reaksi terjadinya pelapisan Fe-Zn.
3. Menghindari terjadinya oksidasi lagi pada permukaan baja yang telah dibersihkan.

##### f. *Drying*

Sebelum dilakukan proses *galvanizing*, benda kerja yang telah mengalami proses *fluxing* dikeringkan

terlebih dahulu agar tidak terdapat kandungan air pada material. Kandungan air yang terdapat pada material menyebabkan terjadinya ledakan pada saat pencelupan.

## 2. Tahap Pencelupan

Kedalam *zinc* cair, permukaan benda kerja dan *zinc* cair akan terlapisi membentuk lapisan paduan baja dan *zinc*. Selanjutnya benda kerja untuk beberapa saat tetap berada didalam bak *zinc* cair agar terbentuk lapisan *zinc*. Pada proses ini dilakukan pencelupan material kedalam larutan *zinc* cair pada temperatur 480°C Sedangkan lama pencelupan benda kerja dilakukan pada waktu 6 menit. Sebelum proses penarikan benda kerja yang telah terlapisi *zinc* dilakukan proses penggetaran secara manual, agar kotoran-kotoran yang ada tidak terbawa ke permukaan lapisan. Setelah itu benda kerja ditarik (dikeluarkan) dari bak dengan laju penarikan yang terkontrol sehingga lapisan *zinc* murni yang membeku terbentuk di permukaan benda kerja.

Massa total lapisan *zinc* yang terbentuk di permukaan benda kerja sangat tergantung pada massa dan tebal benda kerja yang diproses. Disamping itu ketebalan lapisan, jenis dan jumlah lapisan paduan *zinc* dengan baja dipengaruhi oleh kondisi permukaan benda kerja, dan komposisi baja yang diproses..

## 3. Tahap Pendinginan

### a. *Quenching*

Proses *quenching* merupakan pendinginan material yang telah di *galvanizing* sehingga tidak terbentuk *white rust*. Pendinginan dilakukan dengan mencelupkan benda kerja kedalam larutan sodium bikromat dengan konsentrasi 0,0015 % kedalam air.

### b. *Finishing*

Benda kerja setelah terlapisi kemudian harus di *finishing* yaitu dikeringkan terlebih dahulu baru hasil lapisan yang kasar digerinda dengan gerinda penghalus.

## Pemeriksaan Hasil *Hot Dipped Galvanizing*

Standar pemeriksaan ini digunakan untuk pemeriksaan hasil *galvanis* secara visual. Hasil pelapisan *galvanis* pada

umumnya harus mempunyai permukaan yang rata, sedangkan perbedaan warna yang mungkin terjadi tidak berpengaruh pada terjadinya korosi. Pemeriksaan visual pada lapisan *galvanis* antara lain:

### 1. Lapisan abu-abu memudar (*dull grey coating*)

Lapisan abu-abu yang memudar dapat terjadi karena timbulnya campuran lapisan *zinc*-besi pada saat pelapisan *galvanis* selesai. Biasanya lapisan abu-abu yang memudar dapat terjadi pada material besi yang mempunyai kandungan silikon yang tinggi.

### 2. Noda-noda karat (*rust stains*)

Noda karat pada perlakuan *galvanis* biasanya terjadi karena adanya larutan asam yang terperangkap pada lubang-lubang kecil pada permukaan material selama proses *pickling*.

### 3. Terjadi pelepuhan (*blister*)

Lapisan *galvanis* yang melepuh hampir tidak pernah terjadi pada proses *galvanis* dengan sistem pencelupan dengan suhu tinggi. Pelepuhan tidak mengurangi ketahanan korosi pada lapisan *galvanis*.

### 4. Permukaan kasar

Lapisan *galvanis* yang kasar biasanya diakibatkan karena kondisi komposisi permukaan material.

### 5. Adanya bintik-bintik menggelembung (*pimples*)

Bintik-bintik yang menggelembung disebabkan terbawanya *dross* ke dalam lapisan. *Dross* adalah partikel-partikel campuran Fe-Zn yang mempunyai sifat seperti dapat menimbulkan karat pada lapisan, hal ini dapat menggagalkan lapisan *galvanis*.

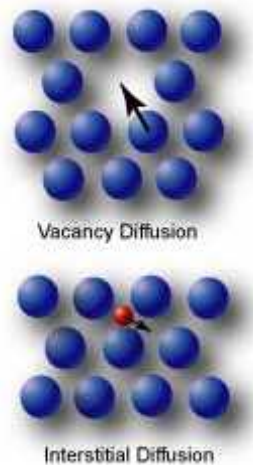
### 6. Adanya daerah kecil yang tidak terlapisi (*barespot*)

Permukaan yang tidak terlapisi oleh *zinc* biasanya disebabkan oleh pembersihan (*pickling*) yang tidak sempurna.

## Proses Difusi

Mekanisme difusi dapat terjadi dengan dua cara yaitu interstisi dan substitusi. Pada proses *hot-dipped galvanizing*, pembentukan dan pertumbuhan lapisannya merupakan proses difusi dengan mekanisme kekosongan (*vacancy*) dimana prinsip dari mekanisme kekosongan ini adalah jika suatu

atom mengisi kekosongan yang terdapat pada susunan atom-atomnya maka akan terjadi kekosongan baru pada susunan atom tersebut seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Mekanisme difusi pada atom[5]

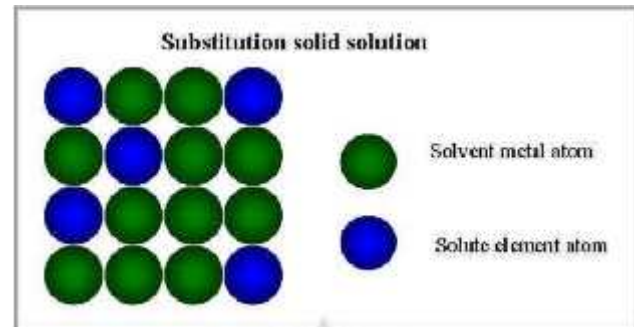
Kekosongan baru ini dapat diisi oleh atom lain yang letaknya berdekatan dengan lubang yang ditinggalkan oleh atom yang pertama tadi. Gerakan keseluruhan dari atom-atom disebut sebagai difusi dengan mekanisme kekosongan. Atom mampu bergerak didalam kisi-kisi kristal dari satu atom ke atom lainnya apabila:

1. Memiliki cukup energi aktivasi.
2. Memiliki agitasi panas yang cukup dari atom-atom.
3. Terdapat kekosongan atau cacat kristal lainnya pada kisi kristalnya.
4. Ukuran atom dimana perbedaan atom terlarut dan pelarut kurang dari 15%.

Hal tersebut menyebabkan atom dapat bergerak pada kisi kristalnya. Kekosongan dalam logam atau paduan akan menghasilkan ketidakstabilan yang mengakibatkan terjadinya pergerakan dari atom-atom untuk mengisi kekosongan itu dengan mekanisme substitusi. Mekanisme difusi kekosongan dalam benda padat merupakan loncatan atom-atom dari suatu posisi tertentu didalam strukturnya menuju posisi yang berdekatan padanya didalam strukturnya

**a. Substitusi Solid Solution**

*Substitusi solid solution* terjadi jika atom dari logam terlarut dan logam pelarut memiliki ukuran yang hampir sama (tidak lebih dari 15%). Bagian dari atom pelarut akan disubstitusi oleh atom dari elemen paduan seperti pada gambar 4.



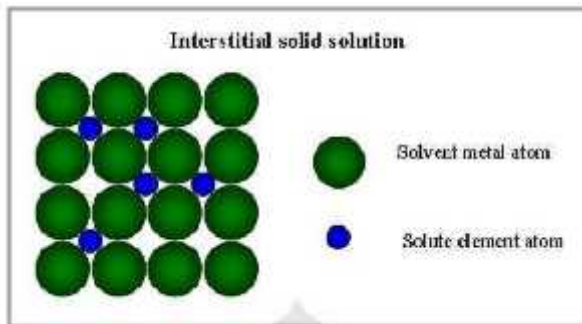
Gambar 4. Substitusi Solid Solution[5]

Ada beberapa syarat dimana atom dapat bersubstitusi menggantikan atom dari logam dasarnya, antara lain [5]:

1. Ukuran atom  
Ukuran jari-jari atom antara kedua atom tidak lebih dari 15%. Selain itu, atom pelarut akan membentuk distorsi *lattice* substansial dan akan membentuk fasa baru.
2. Struktur kristal  
Struktur kristal untuk logam dari kedua atom tersebut harus sama.
3. Keelektronegatifan  
Jika salah satu elemen lebih elektropositif dan yang lain lebih elektronegatif maka akan membentuk ikatan intermetalik.
4. Valensi  
Logam akan cenderung larut ke logam lainnya yang memiliki valensi yang lebih tinggi daripada ke valensi yang lebih rendah.

**b. Interstisi Solid Solution**

*Interstisi solid solution* terjadi jika atom dari elemen paduan memiliki ukuran yang lebih kecil daripada atom dari matriks logamnya. Hal ini menyebabkan atom logam terlarut akan berada pada sela-sela antara atom-atom logam pelarut seperti gambar 5.



Gambar 5. Interstisi Solid Solution[5]

**METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi tingkat kekasaran spesimen terhadap porositas *hot dipped galvanizing* pipa baja AISI 1010. Dengan asumsi variabel lain konstan.

**Waktu dan Tempat Penelitian**

Tempat yang digunakan untuk melakukan penelitian yang akan dilakukan pada bulan Mei s/d Oktober 2012 adalah:

- Laboratorium Pengecoran Logam FTUB
- Laboratorium Pengujian Bahan FTUB
- Laboratorium Metrologi Industri FTUB

hal ini yang menjadi variabel terkontrol adalah :

- a. Temperatur pencelupan: 480°C
- b. Waktu *hot dipping*: 6 menit
- c. Waktu pengampelasan: 3 menit

**Peralatan dan Bahan**

**Peralatan**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapur peleburan logam  
Digunakan untuk meleburkan dan mencairkan zinc (Zn).
2. *Centrifugal Sand Paper Machine*  
Digunakan untuk mengampelas spesimen untuk menghasilkan permukaan yang rata dan tingkat kekasaran yang berbeda-beda.
3. Mesin uji struktur mikro  
Digunakan untuk melihat struktur material spesimen.

4. *Thickness coating meter*  
Digunakan untuk mengukur ketebalan lapisan *hot dipping galvanizing*.
5. Mesin *power hacksaw*  
Digunakan untuk memotong spesimen dalam dimensi tertentu.
6. Alat Pengujian kekasaran Mitutoyo SJ 301
7. Kertas ampelas dengan tingkat kekasaran (*grit*) 100, 500, 800, dan 1000.
8. Timbangan digital digunakan untuk mengukur berat spesimen.
9. *Stop watch* digunakan untuk mengetahui lama waktu pencelupan.
10. Bak perendaman digunakan untuk merendam spesimen pada proses *pre-treatment*.
11. Penjepit baja untuk menjepit spesimen pada waktu spesimen dicelupkan pada cairan zinc.
12. Mesin Bor digunakan untuk membuat lubang.
13. Tang dan Kawat
14. Sarung tangan
15. Masker
16. *Heater*

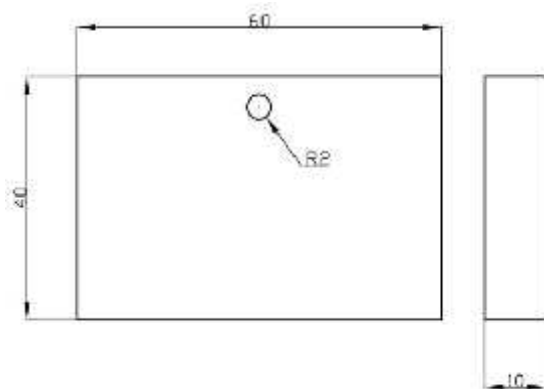
**Bahan**

1. Material yang digunakan sebagai spesimen uji dalam penelitian ini adalah baja AISI 1010 dengan komposisi sebagai berikut:

Tabel 1. Komposisi Baja AISI 1010

No	Unsur	%
1	Carbon (C)	0,08 – 0,13
2	Mangan (Mn)	0,30 – 0,60
3	Phosporus (P)	0,040
4	Sulphur (S)	0,05

Sedangkan benda kerja memiliki dimensi sebagaimana tertera pada gambar 6. berikut ini



Gambar 6. Dimensi Spesimen

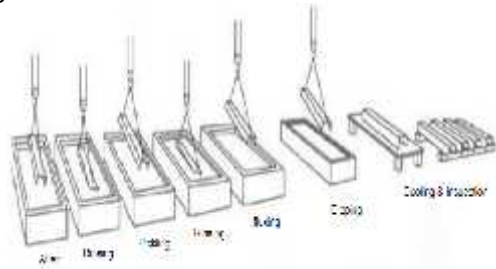
2. Logam pelapis yang digunakan adalah *Zinc* (Zn) murni
3. Larutan kimia HCl 10% untuk proses pickling
4. Larutan kimia NaOH 10% untuk proses degreasing
5. Larutan kimia  $ZnNH_4Cl_2$  35%. untuk proses fluxing
6. Larutan kimia  $Na_2Cr_2O_7$  0,0015% untuk proses quenching
7. Air bersih

#### Prosedur Penelitian

- a. Persiapan spesimen
  1. Pembuatan spesimen dengan dimensi 120 x 60 x 5 mm
  2. Pengeboran spesimen dengan menggunakan mesin bor dengan diameter 2 mm digunakan untuk memudahkan dalam perangkaian spesimen pada proses pencelupan.
  3. Pengampelasan spesimen dilakukan dengan menggunakan mesin *centrifugal sand paper* yang bertujuan untuk menghasilkan permukaan yang rata dan tingkat kekasaran yang berbeda-beda.
- b. Mengampelas spesimen menggunakan kertas ampelas yang memiliki tingkat kekasaran 100, 500, 800 dan 1000 dengan waktu pengampelasan 5 menit.
- c. Proses *pre-treatment*
  1. Melakukan proses *degresing* dengan merendam spesimen kedalam larutan NaOH 10% dengan temperatur 70°C selama 10 menit lalu dibilas dengan air.
  2. Melakukan proses *water rinsing* yang berfungsi untuk membersihkan sisa-sisa larutan NaOH yang menempel pada spesimen pada proses *degresing* dengan mencelupkan ke dalam air panas selama 10 menit.
  3. Melakukan proses *pickling* yang berfungsi untuk menghilangkan karat dengan cara merendam spesimen ke dalam larutan HCl 10% dengan temperatur 60°C selama 10 menit.
  4. Melakukan proses *water rinsing* yang berfungsi untuk membersihkan larutan HCl yang menempel pada spesimen pada proses *pickling* dengan mencelupkan ke dalam air panas selama 10 menit.
  5. Melakukan proses *fluxing* yang berfungsi untuk katalisator reaksi terjadinya pelapisan Fe-Zn dengan mencelupkan ke larutan *Zinc Amonium Clorida* 35% selama 10 menit.
  6. Melakukan proses *water rinsing* yang berfungsi untuk membersihkan larutan  $FeSO_4$  yang menempel pada spesimen pada proses *fluxing* dengan mencelupkan ke dalam air panas selama 10 menit.
  7. Melakukan proses drying untuk menghilangkan kadar air, proses ini berlangsung sampai specimen benar-benar kering.
- d. Proses *Hot Dipped Galvanising*
  1. Pencelupan spesimen ke dalam dapur peleburan yang berisi *zinc* dengan temperatur pencelupan 480°C dan waktu pencelupan 6 menit.
  2. Pengangkatan spesimen kemudian di *quenching* kedalam sodium bikromat.
  3. Pemberian kode pada spesimen.
- e. Pengambilan data
  1. Uji Porositas
  2. Pengolahan data hasil pengujian.
  3. Melakukan analisa dan pembahasan dari data-data yang diperoleh.
  4. Mengambil kesimpulan.



Apabila digambarkan pada skema, maka proses HDG dapat digambarkan pada gambar 7. berikut ini



Gambar 7. Skema Proses HDG

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Kekasaran Permukaan Spesimen**

Tingkat kekasaran permukaan spesimen sebelum HDG:

Tabel 2. Tingkat kekasaran permukaan

Grid 100 (µm)	Grid 500 (µm)	Grid 800 (µm)	Grid 1000 (µm)
1.34	0.88	0.56	0.34

**Data Porositas**

Data porositas hasil HDG ditunjukkan tabel 3 berikut ini:

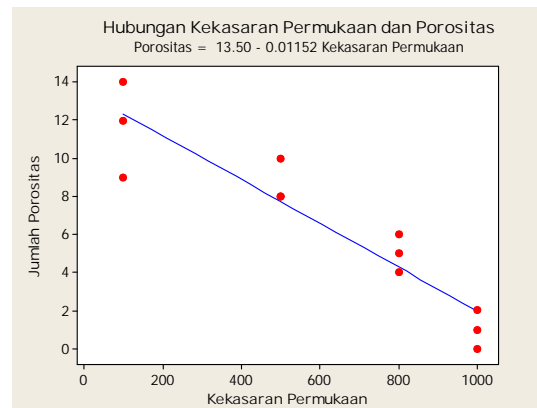
Tabel 3. Data Porositas hasil HDG

Grid 100 (jml)		Grid 500 (jml)		Grid 800 (jml)		Grid 1000 (jml)	
12	11.67	10	8.67	4	5	2	1
9		8		5		1	
14		8		6		0	

**Pembahasan**

**Hubungan Kekasaran Permukaan dan Porositas**

Berdasarkan tabel 3. maka diketahui hubungan antara kekasaran permukaan dan porositas hasil HDG seperti yang ditunjukkan gambar 8. dibawah ini:



Gambar 8. Grafik hubungan kekasaran permukaan dan porositas

Berdasarkan tabel 3. dan gambar 8. diketahui bahwa pada spesimen dengan grid 100 akan menghasilkan porositas yang banyak. Pada spesimen yang kasar akan mengakibatkan daerah struktur permukaan tidak stabil. Reaksi antara logam besi dan zinc cair berlangsung dengan cepat pada menit pertama. Kemudian, diikuti oleh pertumbuhan lapisan yang semakin lama akan semakin lambat. Lapisan paduan awalnya berfungsi sebagai penghalang (*barrier*) bagi reaksinya sendiri. Zinc secara alami memiliki ketahanan terhadap korosi pada kondisi atmosferik. Zinc cenderung bersifat elektronegatif terhadap besi sehingga akan berkorban untuk memproteksi. Galvanizing membentuk ikatan anatara zinc dan baja yang merupakan barrier untuk material itu sendiri. Proteksi dengan galvanizing inimenggunakan prinsip proteksi katodik jika *coating* itu rusak ataupun kualitas coating tidak bagus. Ketika perbedaan potensial antara logam memacu *driving force* laju korosi, akan terjadi mekanisme galvanik dengan kontak elektrolit. Permukaan yang kasar memiliki kecenderungan untuk terjadi korosi lebih besar karena tidak meratanya sebaran lapisan pasif pada permukaan, sehingga perlindungan pasif tidak maksimal. Nilai laju korosi spesimen yang lebih kasar cenderung lebih besar. Pada spesimen yang halus seperti grid 1000 kecenderungan korosi

semakin kecil karena meratanya permukaan. Hal ini akan menunjang pertumbuhan lapisan dan porositas lebih kecil terjadi.

Kekasaran permukaan ditunjukkan oleh R (*roughness factor*). R ditunjukkan rumus dibawah ini:

$R (\text{roughness factor}) = \frac{\text{True area}}{\text{Apparent area}}$

Permukaan substrat yang kasar memiliki *true area* yang lebih besar dibandingkan dengan permukaan yang halus. Hal ini akan menyebabkan reaksi antar permukaan semakin besar.

Porositas terjadi disebabkan karena permukaan yang tidak merata. Selain permukaan yang tidak merata dapat juga disebabkan kekeliruan dalam persiapan proses HDG yang dilakukan (*pre-treatment*). Penyimpangan dalam logam dasar dan kondisi deposisi yang rusak juga dapat menyebabkan terjadinya porositas. Kondisi deposisi yang rusak menunjukkan proses HDG tidak mampu melapisi seluruh permukaan dan tidak terjadi pertumbuhan inti pada lapisan.

Pada penelitian ini hanya dilakukan tes porositas secara kimia dengan *spray test* sehingga terjadi perbedaan warna yang mencolok untuk spesimen yang mengalami porositas.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian didapatkan kesimpulan bahwa semakin tinggi kekasaran permukaan baja maka porositas dari hasil lapisan HDG semakin besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Chamberlain J., Trethewey Kr., 1991, " *Korosi (Untuk Mahasiswa Da Rekayasawan)* ", Pt Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [2]. A.P.Yadav, H.Katayama, K.Noda, H. Masuda, A. Nishikata, T. Tsuru. 2007, "Effect of Fe–Zn Alloy Layer on the Corrosion Resistance of Galvanized Steel in Chloride Containing environments", *Corrosion Science* 49(2007):3716-3731.
- [3]. A.R. Marder, 2000, "The Metallurgy of Zinc-Coated Steel", *Progress in Materials Science*, New York
- [4]. Gambrell J.W., 1992, " *Surface Engineering Asm Handbook Volume 5* ", ASM International.
- [5]. Bishop R. J., Smallman R. E., 2004, " *Metalurgi Fisik Modern Dan Rekayasa Material* ", Erlangga, Jakarta.