

## PENGARUH KEKASARAN PERMUKAAN BAJA ST60 TERHADAP SIFAT MEKANIK HASIL PELAPISAN *HOT DIP GALVANIZING*

\*Malik Sanjaya<sup>1</sup>, Yusuf Umardani<sup>2</sup>, Agus Suprihanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: maliksanjaya001@gmail.com

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kekasaran permukaan baja ST60 terhadap ketebalan lapisan, struktur mikro, dan sifat mekanik hasil pelapisan *hot dip galvanizing*. Tahapan awal penelitian yang dilakukan antara lain pembuatan desain dan perancangan tungku *hot dip galvanizing*, pembuatan spesimen, dan pengujian kekasaran permukaan. Selanjutnya proses *galvanizing* dimulai dari tahap *pre-treatment* yang terdiri dari *degreasing*, *washing*, *pickling*, *fluxing* dan diakhiri dengan proses *hot dip galvanizing* dengan variasi kekasaran permukaan spesimen berdasarkan grid amplas 100, 400, 800, dan 2000. Lama pencelupan dibuat serupa 3 menit dan suhu diatur dalam rentang 450-455°C untuk semua spesimen. Berdasarkan hasil pengujian kekasaran permukaan, didapat nilai kekasaran permukaan terbesar 2,073 untuk variasi amplas 100 dan nilai terkecil 0,442 untuk variasi amplas 2000. Hasil pengujian ketebalan lapisan menunjukkan nilai ketebalan lapisan tertinggi terdapat pada spesimen variasi amplas 100 dengan nilai 246 µm, dilanjut dengan variasi amplas 400 dengan nilai 156 µm, variasi amplas 800 dengan nilai 113 µm, dan variasi amplas 2000 dengan nilai ketebalan lapisan terkecil yaitu 73 µm. Hasil pengujian mikrografi menunjukan terdapat lapisan difusi yang terdiri dari *gamma layer*, *delta layer*, *zeta layer*, dan *eta layer*. Pada pengujian *bending*, didapatkan bahwa sifat lapisan *galvanizing* yang terbentuk bersifat getas, dibuktikan dengan patahnya seluruh spesimen jika ditekuk hingga sudut 45°. Pengujian kekerasan *micro Vickers* menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen variasi amplas 100 dengan nilai 67,466 HV, dilanjut dengan variasi amplas 400 dengan nilai 65,544 HV, variasi amplas 800 dengan nilai 51,022 HV dan nilai terkecil didapat oleh variasi amplas 200 dengan nilai 42,966 HV. Dapat disimpulkan, semakin tinggi nilai kekasaran permukaan baja ST60 maka semakin tinggi nilai ketebalan lapisan dan nilai kekerasan hasil proses pelapisan *hot dip galvanizing*.

**Kata kunci:** baja st60; *hot dip galvanizing*; ketebalan lapisan; kekerasan *micro vickers*; kekasaran permukaan; struktur mikro

### Abstract

*This study aims to determine the effect of ST60 steel surface roughness on coating thickness, microstructure, and mechanical properties of hot dip galvanizing coating results. The initial stages of the research carried out included making the design and design of the hot dip galvanizing furnace, making specimens, and testing the surface roughness. Furthermore, the galvanizing process starts from the pre-treatment stage which consists of degreasing, washing, pickling, fluxing and ends with the hot dip galvanizing process with variations in the surface roughness of the specimen based on the sandpaper grid of 100, 400, 800, and 2000. The immersion time is similar for 3 minutes and temperature was set within the range of 450-455°C for all specimens. Based on the results of the surface roughness test, the highest surface roughness value was 2.073 for the sandpaper variation 100 and the smallest value was 0.442 for the sandpaper variation 2000. The results of the coating thickness test showed that the highest layer thickness value was found in the sandpaper variation 100 with a value of 246 µm, followed by the sandpaper variation 400 with a value of 156 µm, the 800 sandpaper variation with a value of 113 µm, and the 2000 sandpaper variation with the smallest layer thickness value of 73 µm. The micrographic test results show that there is a diffusion layer consisting of a gamma, delta, zeta, and eta layer. In the bending test, it was found that the nature of the galvanizing layer formed is brittle, as evidenced by the fact that the entire specimen breaks if it is bent to an angle of 45°. The micro Vickers hardness test showed that the highest hardness value was found in the 100 sandpaper variation with a value of 67.466 HV, followed by the 400 sandpaper variation with a value of 65.544 HV, the 800 sandpaper variation with a value of 51.022 HV and the smallest value was obtained by the 200 sandpaper variation with a value of 42.966 HV. It can be concluded that the higher the surface roughness value of ST60 steel, the higher the coating thickness and hardness values resulting from the hot dip galvanizing coating.*

**Keyword:** coating thickness; hot dip galvanizing; microstructure; st60 steel; surface roughness; vickers hardness

### 1. Pendahuluan

Baja merupakan material logam yang populer digunakan dalam bidang teknik. Baja dapat berbentuk pipa, pelat, batang, profil dan lain sebagainya dimana baja mempunyai kekuatan yang tinggi. Akan tetapi, pada nyatanya baja seringkali tidak dilengkapi dengan ketahanan aus dan korosi yang baik [1]. Untuk itu dibutuhkan suatu metode yang

diterapkan guna menanggulangi permasalahan korosi dan keausan dini dengan melakukan proses perlakuan permukaan yaitu pemberian perlindungan pada permukaan logam dengan logam lain, salah satunya dengan menerapkan proses *hot dip galvanizing*.

*Hot dip galvanizing* merupakan suatu metode pelapisan logam dengan menggunakan *zinc*, metode pelapisan logam ini dilakukan dengan cara mencelupkan logam yang akan dilapisi kedalam media pelapis *zinc* yang sebelumnya telah mengalami proses peleburan, hasil proses *hot dip galvanizing* dapat berhasil dengan dengan catatan titik lebur logam *zinc* harus lebih rendah dari logam yang ingin dilapisi. Pelapisan dengan metode *hot dip galvanizing* juga dapat digunakan untuk meningkatkan nilai estetika material yang dilapisi agar produk yang dihasilkan terlihat lebih menarik.

Hasil proses pelapisan *hot dip galvanizing* dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya proses *pre-treatment* seperti *degreasing*, *pickling*, dan *fluxing*, komposisi logam yang ingin dilapisi, komposisi larutan *zinc* cair, tingkat kekasaran permukaan, temperatur, waktu pencelupan, serta laju dan sudut pengangkatan logam yang dilapisi dari tungku *galvanizing*.

Pada industri logam kecil, metode *hot dip galvanizing* belum populer dikarenakan industri kecil masih sangat kekurangan dalam pengetahuan tentang metode pelaksanaan *hot dip galvanizing*. Menyadari hal tersebut peneliti mengambil permasalahan yaitu pengaruh kekasaran permukaan baja ST60 terhadap sifat mekanik hasil pelapisan *hot dip galvanizing*.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi tingkat kekasaran permukaan spesimen terhadap hasil *hot dip galvanizing* baja ST60 yaitu ketebalan lapisan hasil *hot dip galvanizing*, kemampuan *bending*, struktur mikro, dan nilai kekerasan.

## 2.1 Metode Penelitian

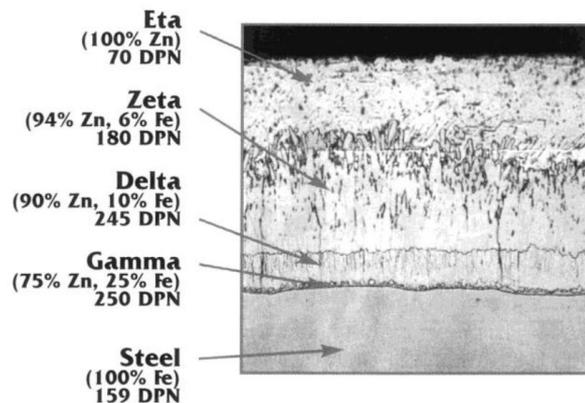


Gambar 1. Diagram Alir.

## 2.2 Hot Dip Galvanizing

Pelapisan logam dengan metode *hot dip galvanizing* proses pelapisan logam dengan menggunakan logam *zinc* (Zn). Proses *hot dip galvanizing* dilakukan dengan cara mencelupkan logam yang hendak dilapisi ke dalam logam *zinc* sebagai media pelapis logam yang sebelumnya telah dilakukan proses peleburan [2].

Lapisan *zinc* (Zn) yang didapat dengan metode *hot dip galvanizing* memiliki sifat tahan lama, cukup tangguh dan memiliki tingkat kekerasan yang tinggi. Pada permukaan logam induk terbentuk lapisan difusi antara logam *zinc* dan logam dasar dalam bentuk ikatan metalurgi yang kuat dan tersusun secara berlapis yang disebut fasa. Tiap lapisan yang terbentuk memiliki sifat yang berbeda baik dalam komposisi kimia maupun tingkat kekerasan [3].



Gambar 2. Lapisan Galvanizing.

Berdasarkan gambar diatas dapat dijelaskan komposisi kimia dan nilai kekerasan dari tiap-tiap lapisan, diantaranya:

- Eta layer* dimana hampir seluruhnya *zinc* murni.
- Zeta layer* dimana kandungan *zinc* 94% dan besi 6%.
- Delta layer* dimana kandungan *zinc* 90% dan besi 10%.
- Gamma layer* dimana kandungan *zinc* 75% dan besi 25%.

Hasil proses *hot dip galvanizing* dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya faktor preparasi atau proses/*pre-treatment* (*degreasing, pickling, fluxing dan rinsing*), komposisi logam yang hendak dilapisi, komposisi *zinc* cair, temperatur *hot dip galvanizing*, durasi pencelupan, serta durasi pengangkatan baja dari tungku *hot dip galvanizing*.

## 2.3 Tungku Hot Dip Galvanizing

Tungku *hot dip galvanizing* adalah alat berbentuk tabung sebagai media utama proses pengerjaan tahapan *hot dip galvanizing*. Tungku *hot dip galvanizing* terdiri dari dua bagian yaitu tungku inti sebagai wadah lelehan seng pada saat proses *hot dip galvanizing* dan dinding tungku yang dilapisi batu *fire brick* untuk menjaga suhu dalam tungku. Terdapat roangga dalam tungku untuk menempatkan batu bara didalamnya dan sebagai roangga sirkulasi udara. Pada bagian samping tungku terdapat lubang saluran penghubung antara *blower* dengan tungku *hot dip galvanizing*.



Gambar 3. Tungku Hot Dip Galvanizing

## 2.4 Spesimen

Spesimen dalam penelitian ini berbentuk segiempat dengan ukuran 5 cm x 5 cm dengan tebal 0,3 cm. Setelah spesimen sudah terbentuk sedemikian rupa, spesimen kepingan baja ST60 masuk ke dalam proses pengamplasan untuk membentuk variasi kekasaran permukaan. Variasi amplas yang digunakan adalah 100, 400, 800, dan 2000. Metode pengamplasan yang digunakan adalah dengan pengamplasan cara manual dengan arah horizontal dan vertikal. Spesimen dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 4. Spesimen

## 2.5 Pengujian Mikrografi

Pengujian Mikrografi bertujuan untuk memperoleh gambar yang menunjukkan struktur mikro sebuah bahan. Melalui Proses ini kita dapat mengetahui struktur dari suatu bahan dengan memperjelas batas-batas butir bahan sehingga dapat langsung dilihat dengan menggunakan mikroskop dan diambil gambarnya. Pengujian mikrografi dimaksudkan untuk melihat perubahan struktur pada bahan [4].

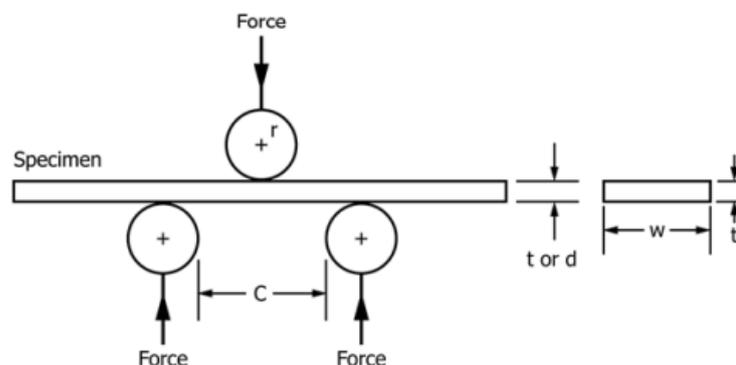
## 2.6 Pengujian Kekerasan *Micro Vickers*

Uji kekerasan Vickers (*Vickers hardness testing*) merupakan metode pengujian untuk mencari nilai kekerasan material padat. Pengujian kekerasan *Vickers* menggunakan piramida intan yang berfungsi untuk menekan benda uji sehingga meninggalkan bekas berupa lekukan (indentasi) [5]. Pada penelitian ini, standar yang digunakan dalam pengujian adalah standar ASTM E92 [6]

## 2.7 Pengujian *Bending*

Pengujian *bending* adalah metode pengujian untuk mengevaluasi kekuatan dan kemampuan suatu bahan atau struktur dalam menahan beban lentur atau gaya lentur. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban pada suatu bahan atau struktur sehingga akan mengalami deformasi atau perubahan bentuk.

Menurut ASTM E 290-14 [7], pengujian *bending* dilakukan dengan mengikuti aturan seperti pada Gambar 5 berikut



Gambar 5. Standar Pengujian *Bending* (ASTM E 290-14, 2014)

$$C = 2r + 3t \pm \frac{t}{2} \quad (1)$$

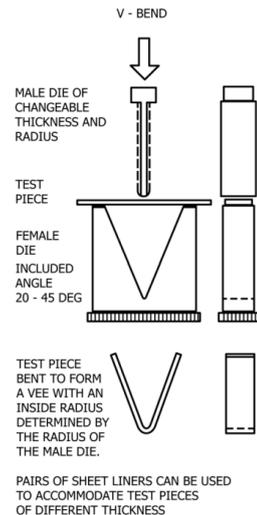
Dimana:

C = Jarak antara kedua tumpuan

t = Ketebalan spesimen

r = Jari-jari ujung beban penekuk

Pengujian *bending* dapat dilakukan dengan dua macam tumpuan diantaranya tumpuan berbentuk U dan V. Pengujian *bending* dengan tumpuan berbentuk V mengikuti standar ASTM E 290-14 seperti pada gambar berikut.



Gambar 6. Standar Tumpuan Pengujian *Bending* (ASTM E 290-14, 2014)

## 2.8 Pengujian Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan adalah ketidakteraturan konfigurasi dan penyimpangan sifat permukaan berupa guratan yang akan terlihat pada profil permukaan. Hal tersebut disebabkan oleh beberapa macam faktor, diantaranya seperti metode pemotongan, geometri dan dimensi pahat, cacat pada material benda kerja dan kerusakan pada aliran geram [8]. Untuk mengukur kekasaran permukaan digunakan alat ukur kekasaran permukaan tipe Mitutoyo SurfTest SJ-201.



Gambar 7. Mitutoyo Surface Test SJ-210

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan

Pengujian kekasaran dilakukan pada kedua permukaan spesimen baik permukaan depan maupun permukaan belakang, dan untuk tiap permukaan dilakukan pengujian sebanyak 3 kali untuk didapatkan nilai rata-ratanya. Hasil pengujian kekasaran permukaan spesimen terdapat pada Tabel 4.1 berikut.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan Spesimen

Jenis Spesimen	Nilai Kekasaran Rata-Rata	Nilai Kekasaran Per Variasi
Spesimen 1 (Amplas 100)	2,373	2,073
Spesimen 2 (Amplas 100)	1,937	
Spesimen 3 (Amplas 100)	1,911	
Spesimen 1 (Amplas 400)	1,118	1,080
Spesimen 2 (Amplas 400)	0,963	
Spesimen 3 (Amplas 400)	1,159	
Spesimen 1 (Amplas 800)	0,661	0,576
Spesimen 2 (Amplas 800)	0,581	
Spesimen 3 (Amplas 800)	0,488	
Spesimen 1 (Amplas 2000)	0,416	0,442
Spesimen 2 (Amplas 2000)	0,515	
Spesimen 3 (Amplas 2000)	0,395	

Berdasarkan data hasil pengujian kekasaran permukaan diatas, dapat dilihat bahwa nilai kekasaran permukaan terbesar terdapat pada variasi amplas 100 dengan nilai 2,073 dan nilai kekasaran permukaan terkecil terdapat pada variasi amplas 2000 dengan nilai 0,442.

### 3.2 Proses Hot Dip Galvanizing

Proses pengerjaan dimulai dari pemanasan tungku *hot dip galvanizing* dengan cara memasukan batu bara ke dalam ruang yang terdapat dalam tungku lalu dibakar serta ditiup dengan udara yang berasal dari *blower*. Pemanasan tungku ini bertujuan untuk mencairkan *zinc ingot* yang terdapat pada tungku inti. Setelah batu bara berhasil terbakar, tutup bagian atas tungku inti yang berisi *zinc ingot* agar debu hasil pembakaran batu bara tidak mengkontaminasi *zinc ingot*. Proses pemanasan tungku dapat dilihat pada Gambar 8 dibawah.



**Gambar 8.** Proses Pemanasan Tungku

Setelah proses pemanasan tungku selesai, proses pengerjaan masuk dalam tahap *pre-treatment*. Pada tahapan ini, spesimen akan masuk dalam proses pencelupan ke dalam bahan-bahan kimia. Mula-mula seluruh larutan kimia dan air bilas dipersiapkan dan disusun sesuai urutan pelaksanaan tahapan *pre-treatment*. Rangkaian alat yang digunakan untuk tahap *pre-treatment* dapat dilihat pada Gambar 9 dibawah.



**Gambar 9.** Rangkaian Alat Tahap *pre-treatment*

Untuk mempermudah pelaksanaan tahapan *pre-treatment*, spesimen dikaitkan dengan kawat baja. Selanjutnya spesimen masuk dalam tahap pertama yaitu tahap *degreasing* dengan larutan *water glass* yang dijaga dengan suhu 60-90°C untuk proses pembersihan awal. Proses pencelupan pada tahap ini berlangsung selama 5 menit lalu spesimen dapat langsung dibilas menggunakan air. Tahap *degreasing* dapat dilihat pada Gambar 10 dibawah.



**Gambar 10.** Tahap *Degreasing*

Selanjutnya spesimen masuk dalam tahap *pickling* dimana spesimen akan dicelupkan ke dalam larutan HCl selama 5 menit. Tahap *pickling* ini bertujuan membersihkan spesimen dari korosi yang menempel agar spesimen dapat benar-benar bersih dan masuk dalam tahapan berikutnya. Dapat diamati selama tahap ini, terdapat reaksi antara spesimen

dengan larutan HCl dimana muncul buih dan terdapat bagian kulit spesimen yang terkelupas. Setelah 5 menit pencelupan, spesimen dapat Kembali dibilas menggunakan air. Tahap *pickling* dapat dilihat pada Gambar 11 dibawah.



**Gambar 11.** Tahap *Pickling*

Tahap *pre-treatment* terakhir adalah tahap *fluxing* dimana spesimen akan dicelupkan dalam larutan *zinc ammonium chloride* selama 3 menit. Tahap *fluxing* ini bertujuan sebagai perekat antara spesimen dengan *zinc* agar proses *hot dip galvanizing* dapat terlaksana dengan baik. Setelah 3 menit, spesimen dapat diangkat lalu dilanjut dengan tahap *hot dip galvanizing*.

Setelah seluruh tahap *pre-treatment* selesai, spesimen masuk dalam tahap *hot dip galvanizing*. Mula-mula, pelat baja penutup tungku inti akan dibuka lalu ukur suhu *zinc* cair menggunakan *thermogun*. Suhu yang diinginkan yaitu berkisar antara 450-455°C. Setelah suhu telah sesuai, bersihkan kotoran yang terdapat pada bagian permukaan *zinc* cair dengan sapu. Setelah permukaan *zinc* cair telah bersih maka spesimen siap untuk dicelupkan ke dalam tungku inti *hot dip galvanizing*.

Proses pencelupan spesimen ke dalam tungku inti *hot dip galvanizing* berlangsung selama 3 menit untuk semua jenis spesimen. Selama proses *hot dip galvanizing*, tungku inti *hot dip galvanizing* ditutup dengan pelat baja agar kotoran yang berasal dari pembakaran batu bara tidak mengkontaminasi *zinc* cair. Setelah 3 menit, permukaan *zinc* cair kembali dibersihkan dengan sapu lalu angkat spesimen dan celupkan ke dalam ember berisi air.



**Gambar 12.** Tahap *Hot Dip Galvanizing*

Spesimen dapat diangkat dari ember berisi air lalu dikeringkan menggunakan lap. Amati hasil *hot dip galvanizing*, jika terdapat permukaan yang tidak rata, spesimen dapat kembali ke tahap *pickling* untuk di *galva* kembali. Hasil dari *hot dip galvanizing* dapat dilihat pada Gambar 13 dibawah.



**Gambar 13.** Hasil *Hot Dip Galvanizing*

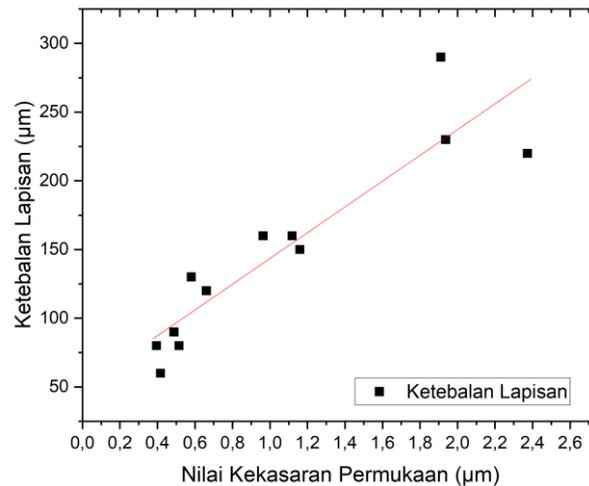
### 3.3 Pengujian Ketebalan Lapisan

Pada penelitian ini, pengujian ketebalan hasil pelapisan *hot dip galvanizing* diukur menggunakan mikroskop makro dengan perbesaran 15 kali. Hasil dari pengujian tebal lapisan dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Tebal Lapisan

Keterangan	Nilai Kekasaran Permukaan ( $\mu\text{m}$ )	Tebal Lapisan ( $\mu\text{m}$ )	Tebal Lapisan Rata-Rata Tiap Spesimen ( $\mu\text{m}$ )
Spesimen 1 amplas 100	2,373	220	246,6
Spesimen 2 amplas 100	1,937	230	
Spesimen 3 amplas 100	1,911	290	
Spesimen 1 amplas 400	1,118	160	156,6
Spesimen 2 amplas 400	0,963	160	
Spesimen 3 amplas 400	1,159	150	
Spesimen 1 amplas 800	0,661	120	113,3
Spesimen 2 amplas 800	0,581	130	
Spesimen 3 amplas 800	0,488	90	
Spesimen 1 amplas 2000	0,416	60	73,3
Spesimen 2 amplas 2000	0,515	80	
Spesimen 3 amplas 2000	0,395	80	

Pengaruh variasi kekasaran permukaan terhadap ketebalan lapisan *hot dip galvanizing* dapat dilihat pada Gambar 4.13 dibawah.



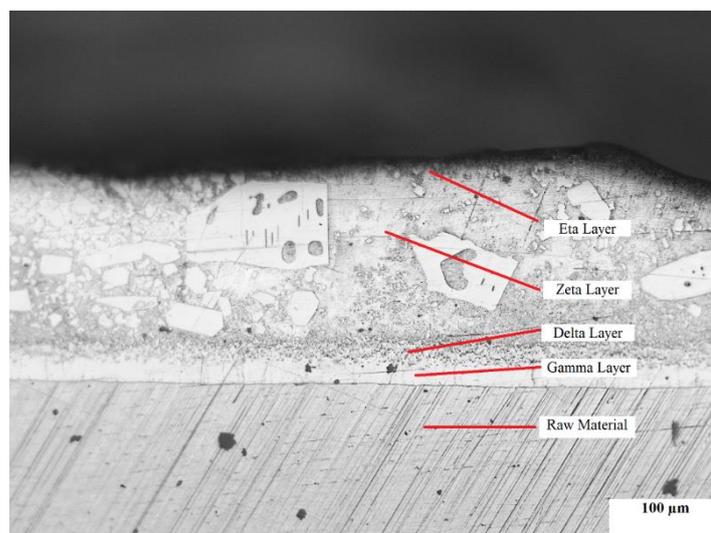
**Gambar 14.** Grafik Pengaruh Variasi Kekasaran Permukaan Terhadap Ketebalan Lapisan *Hot Dip Galvanizing*

Grafik diatas menunjukan bahwa nilai ketebalan lapisan tertinggi terdapat pada variasi kekasaran permukaan amplas 100 dengan nilai rata-rata 0,246 mm, dilanjut dengan variasi amplas 400 dengan nilai ketebalan lapisan rata-rata sebesar 0,156 mm, lalu variasi amplas 800 dengan nilai ketebalan lapisan rata-rata sebesar 0,113 mm, dan terakhir variasi amplas 2000 dengan nilai ketebalan lapisan rata-rata terkecil sebesar 0,073 mm.

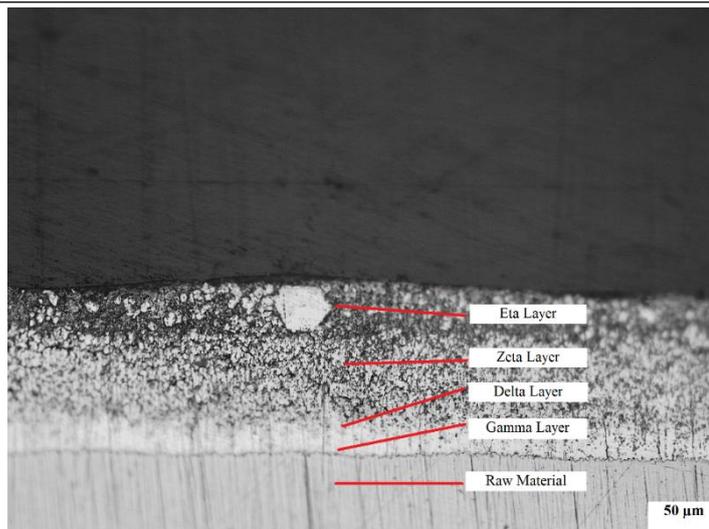
Data hubungan variasi kekasaran permukaan terhadap ketebalan lapisan *hot dip galvanizing* ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Alamsyah [9] dimana semakin tinggi nilai kekasaran permukaan spesimen maka semakin tinggi pula nilai ketebalan lapisan *hot dip galvanizing* yang dapat terbentuk.

### 3.4 Pengujian Mikrografi

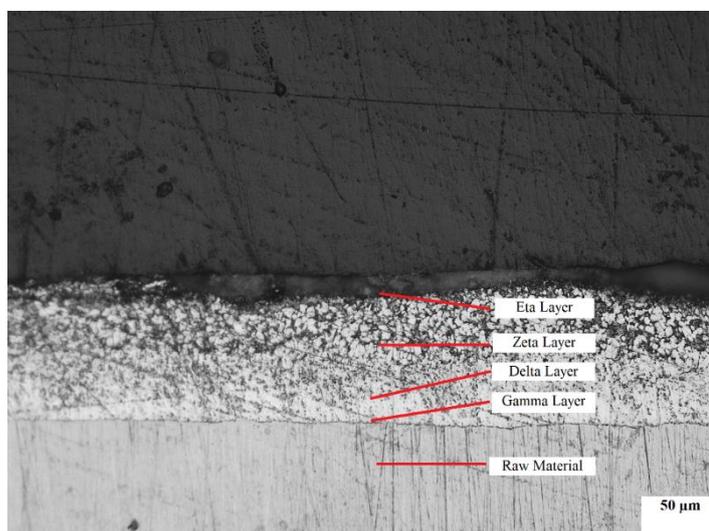
Pengujian mikrografi yang dilakukan menggunakan lensa perbesaran 100 kali pada spesimen variasi amplas 100 dan perbesaran 200 kali pada spesimen variasi amplas 400, 800, dan 2000. Pengujian mikrografi yang dilakujab menggunakan standar ASTM E3 [10]. Hasil Pengujian mikrografi dapat dilihat pada gambar-gambar berikut.



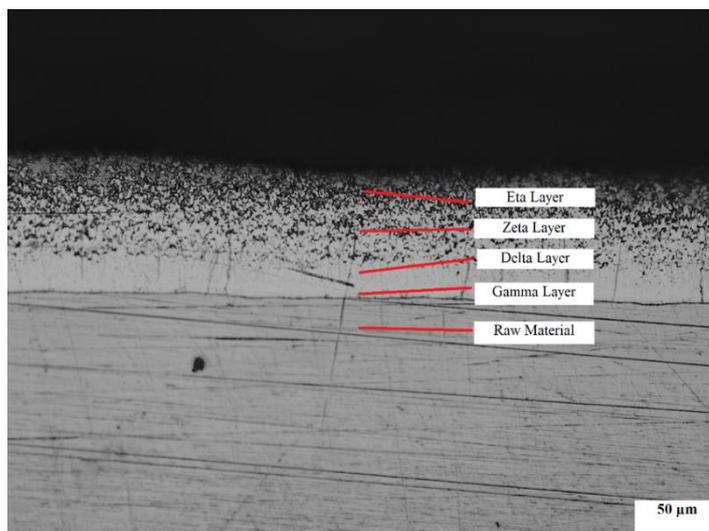
**Gambar 15** Hasil Pengujian Mikrografi Spesimen Variasi Amplas Grid 100 Hasil *Hot Dip Galvanizing*



**Gambar 16.** Hasil Pengujian Mikrografi Spesimen Variasi Amplus Grid 400 Hasil *Hot Dip Galvanizing*



**Gambar 17.** Hasil Pengujian Mikrografi Spesimen Variasi Amplus Grid 800 Hasil *Hot Dip Galvanizing*



**Gambar 18.** Hasil Pengujian Mikrografi Spesimen Variasi Amplus Grid 2000 Hasil *Hot Dip Galvanizing*

Hasil dari pengujian mikrografi memperlihatkan terdapat lapisan difusi antara material spesimen dengan material *zinc*. Pada lapisan difusi, terbentuk senyawa Fe-Zn yang terdiri dari *gamma layer*, *delta layer*, *zeta layer*, dan *eta layer*.

### 3.5 Pengujian *Bending*

Pengujian *bending* dilakukan berdasarkan ASTM yang berlaku yaitu ASTM E290-14 tentang metode standar untuk pengujian *bending*. Berdasarkan informasi yang didapatkan dari penjelasan ASTM E290-14, penekuk yang digunakan dalam hal ini berbentuk V dengan nilai *r* sebesar 4,75 mm, tebal spesimen sebesar 3 mm dan jarak antar tumpuan diatur seperti pada perhitungan berikut.

$$C = 2r + 3t \pm \frac{t}{2}$$

$$C = 2 \times 4,75 + 3 \times 3 \pm \frac{3}{2}$$

$$C = 9,5 + 9 \pm 1,5$$

$$C = 20 \text{ mm}$$

Berdasarkan keterangan ASTM E290-14, penekukan harus mencapai sudut 45°. Oleh itu, pengujian yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan dengan mengamati tiap sudut istimewa hingga sudut 45°. Hal yang diamati dalam pengujian *bending* ini adalah apakah terjadi retak pada lapisan *galvanizing* atau tidak. Tabel dibawah menunjukan data hasil pengujian *bending*.

**Tabel 3.** Data Hasil Pengujian *Bending*

Nama	Nilai Kekasaran Permukaan (µm)	variasi sudut (derajat)				
		150°	120°	90°	60°	45°
Spesimen 1 (Amplas 100)	2,373		✓	✓	✓	✓
Spesimen 2 (Amplas 100)	1,937		✓	✓	✓	✓
Spesimen 3 (Amplas 100)	1,911	✓	✓	✓	✓	✓
Spesimen 1 (Amplas 400)	1,118		✓	✓	✓	✓
Spesimen 2 (Amplas 400)	0,963	✓	✓	✓	✓	✓
Spesimen 3 (Amplas 400)	1,159	✓	✓	✓	✓	✓
Spesimen 1 (Amplas 800)	0,661	✓	✓	✓	✓	✓
Spesimen 2 (Amplas 800)	0,581	✓	✓	✓	✓	✓
Spesimen 3 (Amplas 800)	0,488		✓	✓	✓	✓
Spesimen 1 (Amplas 2000)	0,416	✓	✓	✓	✓	✓
Spesimen 2 (Amplas 2000)	0,515		✓	✓	✓	✓
Spesimen 3 (Amplas 2000)	0,395	✓	✓	✓	✓	✓

Berdasarkan data yang didapat dari pengujian *bending*, spesimen satu dan dua dari variasi amplas 100, spesimen satu dari variasi amplas 400, spesimen tiga dari variasi amplas 800, serta spesimen dua dari variasi amplas 2000 tidak mengalami patah pada saat ditekuk hingga sudut 150°. Namun seluruh spesimen yang dilakukan pengujian mengalami patah mulai dari sudut 120°. Hal ini menyatakan bahwa seluruh lapisan *galvanizing* pada spesimen mengalami patah pada saat ditekuk hingga sudut 45°.

Berdasarkan hasil yang didapat, dapat diketahui bahwa lapisan *galvanizing* bersifat getas dan memiliki sifat mudah retak apabila mendapat perlakuan tekuk.

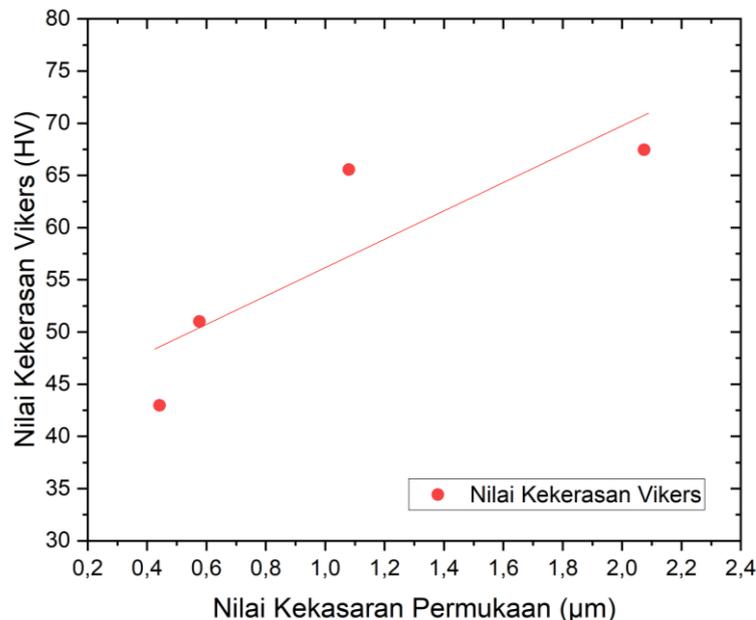
### 3.6 Pengujian Kekerasan *Micro Vickers*

Proses pengujian menggunakan standar ASTM 384 dan pembebanan yang digunakan pada pengujian ini adalah 500 gf. Hasil dari pengujian kekerasan *micro Vickers* dapat dilihat pada tabel dibawah.

**Tabel 4.** Data Hasil Pengujian Kekerasan *Micro Vickers*

Keterangan	Nilai Kekasaran Permukaan ( $\mu\text{m}$ )	Nilai Kekasaran Per Variasi ( $\mu\text{m}$ )	Nilai Kekerasan <i>Micro Vickers</i> (HV)	Nilai Kekerasan <i>Micro Vickers</i> rata-rata (HV)
Amplas 100 Spesimen 1	2,373	2,073	60,23333333	67,46667
Amplas 100 Spesimen 2	1,937		72,43333333	
Amplas 100 Spesimen 3	1,911		69,73333333	
Amplas 400 Spesimen 1	1,118	1,080	71,03333333	65,54444
Amplas 400 Spesimen 2	0,963		56,36666667	
Amplas 400 Spesimen 3	1,159		69,23333333	
Amplas 800 Spesimen 1	0,661	0,576	50,6	51,02222
Amplas 800 Spesimen 2	0,581		51,46666667	
Amplas 800 Spesimen 3	0,488		51	
Amplas 2000 Spesimen 1	0,416	0,442	37,06666667	42,96667
Amplas 2000 Spesimen 2	0,515		48,03333333	
Amplas 2000 Spesimen 3	0,395		43,8	

Data hasil pengujian kekerasan *micro Vickers* selanjutnya dipresentasikan dalam grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 4.23 dibawah.



**Gambar 19.** Grafik Hubungan Kekasaran Permukaan terhadap Nilai Kekerasan *Micro Vickers*

Data pada tabel dan grafik menunjukkan bahwa variasi kekasaran permukaan amplas grid 100 memiliki nilai kekerasan tertinggi dengan nilai rata-rata 67,466 HV, posisi kedua ditempati oleh variasi amplas 400 dengan nilai rata-

rata 65,544 HV, posisi ketiga ditempati oleh variasi amplas 800 dengan nilai rata-rata 51,022 HV, dan posisi terakhir dengan nilai kekerasan *micro Vickers* terendah ditempati oleh variasi amplas 2000 dengan nilai rata-rata 42,966 HV.

Berdasarkan data yang diperoleh, dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai kekasaran permukaan spesimen, maka semakin tinggi juga nilai kekerasan *micro Vickers* spesimen tersebut.

#### 4. Kesimpulan

- a. Semakin tinggi nilai kekasaran permukaan spesimen maka semakin tinggi juga nilai ketebalan lapisan hasil *hot dip galvanizing*. Hal ini dibuktikan dengan nilai ketebalan lapisan tertinggi sebesar 0,246 mm yang diperoleh spesimen dengan variasi amplas grid 100 dan nilai ketebalan lapisan terendah sebesar 0,073 mm yang diperoleh variasi amplas grid 2000.
- b. Terdapat lapisan difusi dengan senyawa Fe-Zn yang terbentuk pasca proses *hot dip galvanizing*. Lapisan yang terbentuk diantaranya *gamma layer*, *delta layer*, dan *zeta layer*.
- c. Lapisan *hot dip galvanizing* bersifat getas dibuktikan oleh data hasil pengujian *bending* dimana seluruh spesimen mengalami keretakan saat ditekek hingga sudut 45°.
- d. Semakin tinggi nilai kekasaran permukaan spesimen maka semakin tinggi juga nilai kekerasan *micro Vickers* hasil *hot dip galvanizing*. Hal ini dibuktikan dengan nilai kekerasan *micro Vickers* tertinggi sebesar 67,466 HV yang diperoleh spesimen dengan variasi amplas grid 100 dan nilai kekerasan *micro Vickers* terendah sebesar 42,966 HV yang diperoleh variasi amplas grid 2000.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chamberlain J., Trethewey Kr. (1991). *Korosi (Untuk Mahasiswa Dan Rekeyasawan)*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [2] Gapsari, Femiana, M., Setyarini, P, dan Alamsyah, F. (2012). Pengaruh Kekasaran Permukaan Terhadap Porositas Hasil *Hot Dip Galvanizing* (HDG). *Jurnal Rekayasa Mesin*, 3(1): 283-292.
- [3] Permadi., Ramadian, A, dan Kurniawan, B. (2012). Pengaruh Temperatur dan Lama Celup pada Proses Hot Dip Galvanizing Elemen Pemanas Cold End Layer Air Heater PT UJB UP Gresik Unit 1. *Jurnal Teknik Pomits*, 1(1): 1-8.
- [4] Murtiono, A. (2012). Pengaruh Quenching dan Tempering terhadap kekerasan dan kekuatan tarik serta struktur mikro baja karbon sedang untuk mata pisau permanen sawit. *Jurnal e-Dinamis*, 2(2): 57-70.
- [5] Younggi, D., 2020. Teknik Mesin Manufaktur. [Online] Available at: <http://teknikmesinmanufaktur.blogspot.com/2018/05/persyaratan-ujikekerasan-vickers.html> [Diakses 25 11 2020].
- [6] ASTM E92, "Standard Test Methods for Vickers Hardness and Knoop Hardness of Metallic Materials." USA, 2017
- [7] ASTM E290-14, "Standard Test Methods for Bend Testing of Material for Ductility." USA, 2014.
- [8] Atedi, B dan Agustono, D. (2005). Standar Kekasaran Permukaan Bidang Pada Yoke Flange Menurut ISO R.1302 dan DIN 4768 Dengan Memperlihatkan Nilai Ketidakpastiannya. *Media Mesin*, 6(2): 63-69.
- [9] Alamsyah, F., Setyarini, P, dan Gapsari, F. (2012). Pengaruh Kekasaran Permukaan Terhadap Ketebalan Lapisan Hasil *Hot Dipped Galvanizing* (HDG). *Jurnal Rekayasa Mesin*, 3(2): 327-336.
- [10] ASTM E3, "Preparation of Metallographic Specimens1."USA, 2017