



**PENGARUH VARIASI WAKTU PELAPISAN BAJA
KARBON RENDAH DENGAN SENG MELALUI
METODE *HOT DIP GALVANIZING***

SKRIPSI

**Diajukan dalam rangka menyelesaikan Studi Strata 1
Untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan**

Oleh:

Nama : Achmad Najib Pujiyantono

NIM : 5201410034

Prodi : Pendidikan Teknik Mesin, S1

Jurusan : Teknik Mesin

FAKULTAS TEKNIK


UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2016

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul “Pengaruh Variasi Waktu terhadap Hasil Pelapisan Seng pada Baja Karbon rendah dengan menggunakan Metode *Hot Dip Galvanizing*” disusun berdasarkan hasil penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing. Sumber informasi atau kutipan yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka dibagian akhir skripsi ini. Skripsi ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar dalam program sejenis di perguruan tinggi manapun

Semarang, Oktober 2015



Achmad Najib Pujiyantono

NIM. 5201410034

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Achmad Najib Pujiyantono
NIM : 5201410034
Prodi : Pendidikan Teknik Mesin, S1
Judul : Pengaruh Variasi Waktu Pelapisan Baja Karbon Rendah dengan Seng melalui Metode *Hot Dip Galvanizing*

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Panitia Ujian

Ketua : Rusiyanto, S.Pd., M.T. (.....)
NIP. 19740321 199903 1 002

Sekretaris : Rusiyanto, S.Pd., M.T. (.....)
NIP. 19740321 199903 1 002

Dewan Penguji

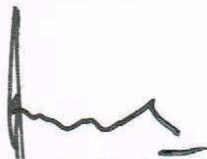
Penguji I : Rusiyanto, S.Pd., M.T. (.....)
NIP. 19740321 199903 1 002

Penguji II : Dr. Rahmat Doni Widodo, S.Pd., M.T. (.....)
NIP. 19750927 200604 1 002

Penguji Pendamping : Drs. Sunyoto, M.Si. (.....)
NIP. 19651105 199102 1 001

Ditetapkan di Semarang, Universitas Negeri Semarang
Tanggal:

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik


Dr. Nur Qudus, M.T.
NIP. 19691130 199403 1 001

ABSTRAK

Achmad Najib Pujiyantono, 2015. TM, FT, UNNES. “Pengaruh Variasi Waktu Pelapisan Baja Karbon Rendah dengan Seng melalui Metode *Hot Dip Galvanizing*”.

Upaya untuk mengendalikan korosi memiliki cara seperti melapisi logam lain yang lebih anodik, salah satunya dengan menggunakan metode *Hot Dip Galvanizing*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur proses pelapisan metode *Hot Dip Galvanizing* terhadap tebal lapisan dan struktur mikro pada baja karbon rendah.

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen, yang bertujuan untuk mengetahui sebab dan akibat yang muncul berdasarkan perlakuan yang diberikan oleh peneliti. Perlakuan dalam penelitian ini berupa pelapisan dengan variasi waktu pelapisan dengan menggunakan metode *Hot Dip Galvanizing* dengan waktu pelapisan 5 menit, 10 menit, 15 menit dengan suhu 450 °C, kemudian dilakukan pengujian ketebalan lapisan dan pengamatan struktur mikro. Bahan yang digunakan adalah baja karbon rendah dengan kandungan kadar karbon (C) sebesar 0,17% dan beberapa unsur lain. Analisis data pada penelitian ini menggunakan statistik deskriptif

Hasil pengujian menunjukkan semakin lama waktu pelapisan maka semakin tebal juga lapisannya. Tingkat ketebalan lapisan tertinggi pada variasi waktu pelapisan 15 menit pada suhu 450 °C rata-rata ketebalan lapisan 443,78 µm. Ketebalan lapisan terendah pada variasi waktu pelapisan 5 menit pada suhu 450 °C dengan rata-rata ketebalan lapisan 192,46 µm. Struktur mikro pada logam induk (*raw material*) terdapat struktur *ferrite* yang cenderung halus dan lunak dan butir *pearlite* yang cenderung lebih kasar dan keras. Struktur mikro lapisan terbentuk secara berlapis (*stratifi*) yang terdiri dari 4 lapisan utama yaitu *eta layer*, *zeta layer*, *delta layer* dan *gamma layer*. Variasi waktu 5 menit, 10 menit, 15 menit dan suhu 450 °C struktur seng yang menempel akan semakin membesar seiring dengan bertambahnya waktu pencelupan. Simpulan dari penelitian ini adalah semakin lama waktu pelapisan maka semakin tebal lapisan seng (Zn) yang terbentuk. Struktur mikro pada lapisan seng (Zn) lapisan yang terbentuk tidak merata dan pada logam induk (*base metal*) tidak terjadi perubahan struktur mikro

Kata kunci : Variasi Waktu, *Hot Dip Galvanizing*, Tebal Lapisan, Struktur Mikro.

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Hidup dan cinta itu harus melalui perjuangan.
2. Bermimpilah setinggi langit, karena jika kamu jatuh maka kamu akan jatuh diantara bintang-bintang “Ir. Soekarno”.
3. Pendidikan merupakan perlengkapan paling baik untuk hari tua
“Aristoteles”
4. Teruslah berjuang dalam hidup, puncak gunung pasti akan terlewati.
5. Bicaralah sedikit tentang apa yang anda tahu, dan jangan bicara sama sekali tentang apa yang anda tidak tahu. “Nicholas Leonard Sadi Carnot”

PERSEMBAHAN

1. Bapak Ibu tercinta
2. Alm. Kakek & Alm. Nenek tersayang
3. Adik tersayang
4. Teman-teman seperjuangan
5. Keluarga besar Teknik Mesin UNNES

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang memberikan rahmat dan hidayah-Nya. Shalawat serta salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW dan keluarganya serta kepada para sahabatnya.

Penulis sangat bersyukur karena dengan partisipasi dari berbagai pihak yang telah banyak membantu sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Pengaruh Variasi Waktu terhadap Hasil Pelapisan Seng pada Baja Karbon Rendah dengan menggunakan Metode *Hot Dip Galvanizing*”. Oleh karena itu penulis sampaikan ucapan terimakasih kepada:

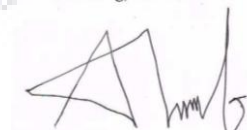
1. Prof. Dr. Fathur Rokhman M.Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, M.T., Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan ijin penelitian dalam memperlancar penyelesaian skripsi ini.
3. Dr. M. Khumaedi, M.Pd., Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan kemudahan administrasi kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
4. Drs. Sunyoto, M.Si., Dosen pembimbing yang telah memberikan waktu, bimbingan, dan petunjuk dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Rusiyanto, S.Pd, M.T., Dosen penguji I yang telah memberikan waktu dan saran untuk menyelesaikan skripsi ini.
6. Dr. Rahmat Doni Widodo, S.Pd, M.T., Dosen penguji II yang telah memberikan waktu dan saran untuk menyelesaikan skripsi ini
7. PT Kurnia Adijaya Mandiri Semarang yang telah memberikan ijin kepada penulis untuk melaksanakan proses pelapisan dan pengujian ketebalan lapisan.
8. Laboratorium Teknik Mesin Unnes yang telah memberikan ijin kepada penulis untuk melaksanakan proses pembuatan spesimen.

9. Kepala Laboratorium Bahan Teknik D3 Universitas Gadjah Mada yang telah berkenan memberikan ijin kepada penulis untuk melaksanakan pengujian spesimen.
10. Bapakku Suwardi, Ibu Nurul Anisah, Adik Lutfia Nur Aini dan keluarga besar yang telah memberikan doa, pengorbanan, dukungan, dan perjuangan serta kasih sayang yang tiada henti hingga terselesaikan skripsi ini dan study Strata I ini.
11. Keluarga besar “Teknik Mesin Unnes”, dan rekan-rekan Pendidikan Teknik Mesin 2010” atas kebersamaan dan memberikan kenangan terindah kepada penulis.
12. Pacarku Almy Chiddilah Tanca yang selalu memberiku semangat dan doa tiada henti.
13. Keluarga besar Formula kos yang telah menjadi rumah kedua bagi penulis dan telah memberi arti sebuah kehangatan persahabatan dan keluarga.
14. Semua pihak yang telah membantu sehingga terselesaikannya skripsi ini.

Penulis juga menyadari bahwa dalam skripsi ini masih banyak kekurangannya, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam perbaikan skripsi ini. Terima kasih.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Semarang



Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Batasan Masalah	3
C. Rumusan Masalah	4
D. Penegasan Istilah	5
E. Tujuan Penelitian	7
F. Manfaat Penelitian	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	9
A. Landasan Teori	9
1. Baja	9
2. Pengaruh Unsur Paduan dalam Baja	12
3. Seng	13
4. <i>Hot Dip Galvanizing</i>	14
5. Proses Pelapisan <i>Hot Dip Galvanizing</i>	17
6. Temperatur <i>Galvanizing</i>	22
7. Ketebalan Lapisan	23
8. Struktur Mikro Baja	24
9. Komposisi Kimia	27
B. Kajian Pustaka	27
BAB III METODE PENELITIAN	31
A. Desain Penelitian	31
B. Alat dan Bahan	31

	C. Spesimen	32
	D. Alur Penelitian	33
	E. Variabel Penelitian	34
	F. Pelaksanaan Eksperimen	35
	G. Metode Pengumpulan Data	40
	H. Analisi Data	40
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	42
	A. Hasil Penelitian	42
	B. Pembahasan	50
BAB V	SIMPULAN DAN SARAN	54
	A. Simpulan	54
	B. Saran	55
	DAFTAR PUSTAKA	56
	LAMPIRAN	57



DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

1	Kualifikasi Baja Karbon	11
2	Klasifikasi Baja Karbon Rendah Menurut Deoksidasi	12
3	Data Hasil Pengukuran Ketebalan Lapisan	43



DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
1	Lapisan Galvanizing	15
2	Diagram Fase Fe-Z	16
3	Spesimen Uji	32
4	Diagram Alur Penelitian	33
5	Proses Pelapisan <i>Hot Dip Galvanizing</i>	35
6	Titik Pengukuran Ketebalan Lapisan	37
7	Mesin Foto Struktur Mikro	38
8	Daerah Pengujian Struktur Mikro.....	39
9	Daerah Pengukuran Ketebalan Lapisan	42
10	Grafik Ketebalan Lapisan	44
11	Daerah Pengamatan Struktur Mikro	45
12	Struktur Mikro Logam tanpa Pelapisan	46
13	Struktur Mikro Spesimen dengan Variasi Waktu 5 menit	47
14	Struktur Mikro Spesimen dengan Variasi Waktu 10 menit	48
15	Struktur Mikro Spesimen dengan Variasi Waktu 15 menit	49



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Hasil Perhitungan Ketebalan Lapisan	58
2. Waktu Penelitian, Tempat dan Dokumentasi	61
3. Surat keterangan pengujian	65
4. Surat Keterangan Pembimbing Skripsi	66
5. Surat Ijin Penelitian Pelapisan	67
6. Surat keterangan penelitian pelapisan	68
7. Keterangan Komposisi Kimia	69
8. Surat Ijin Penelitian Foto Struktur Mikro	70



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Baja merupakan salah satu material logam yang banyak digunakan masyarakat di bidang teknik, misalnya dalam bentuk pelat, lembaran, pipa, batang, profil dan sebagainya karena baja mempunyai kekuatan yang tinggi. Baja sering di gunakan pada bidang konstruksi, permesinan maupun kerajinan.

Penggunaan baja sebagai komponen permesinan dan konstruksi seringkali mengalami kerusakan sebelum waktu yang telah diperhitungkan dan tidak ditunjang dengan ketahanan aus dan korosi yang memadai. Mekanisme proses korosi ditandai dengan terjadinya proses pertukaran ion antara logam dan lingkungannya yang mengakibatkan pada logam tersebut terjadi perubahan fisik dan penurunan sifat mekanik.

Oleh karena itu dibutuhkan suatu metode yang diupayakan untuk penanggulangan korosi dan keausan sejak dini dengan melakukan proses *surface treatment* yaitu dengan cara memberi perlindungan pada permukaan logam dengan logam lain (Gapsari, dkk, 2012: 283).

Upaya pengendalian korosi memiliki banyak ragam dan cara, seperti melapisi logam lain yang lebih anodik, atau dengan melapisi logam dengan menggunakan zat tertentu. Proses pelapisan logam dengan logam lain yang lain yang lebih anodik contohnya melapisi baja dengan seng,

aluminium, *cadmium* atau *magnesium*. Proses pelapisan ini dapat dilakukan dengan cara *electroplating*, *spraying* atau *Hot Dip Galvanizing*. Contoh komponen otomotif dan permesinan yang menggunakan hasil dari pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing* adalah mur, baut, *carter*, *floor plate* dan alat-alat perkakas lainnya. Pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing* merupakan proses pelapisan dengan menggunakan logam seng (Zn), dengan cara mencelupkan logam yang akan dilapisi kedalam media pelapis logam (Zn) yang sebelumnya telah mengalami proses peleburan, serta titik lebur logam pelapis harus lebih rendah dari logam yang akan dilapisi (Gapsari, dkk, 2012: 283). Pelapisan *Hot Dip Galvanizing* secara garis besar dilakukan dengan tiga tahap pengerjaan yaitu tahap persiapan (*Pre Treatment*), tahap pencelupan (*Galvanizing*) dan tahap pendinginan (*Finishing*).

Secara teknis pelapisan *Hot Dip Galvanizing* dengan logam pelapis seng (Zn) memang lebih sederhana, lebih tahan lama dan relatif tangguh. Pada pelapisan *Hot Dip Galvanizing* juga tidak selamanya hasil pelapisan sesuai dengan yang diinginkan, adakalanya tebal lapisan tidak sesuai dengan yang diharapkan. Misalnya hasil lapisan yang terlalu tebal dan getas yang disebabkan oleh tingginya kandungan silika dalam baja.

Untuk mendapatkan hasil yang baik dan tahan lama maka banyak faktor yang mempengaruhi diantaranya adalah komposisi bahan, komposisi larutan, suhu larutan dan lama waktu pencelupan. Pada komposisi bahan baja karbon rendah akan mempercepat pertumbuhan

lapisan paduan Fe-Zn dalam lapisan. Oleh karena itu pada baja karbon rendah harus digunakan lama waktu pencelupan yang sesuai supaya diperoleh hasil pelapisan yang baik yaitu rata dan tampak rupa yang baik. Hasil ketebalan lapisan yang merata dan tampak rupa yang baik akan porositas pada pelapisan logam, meningkatkan ketahanan logam terhadap korosi dan memperpanjang usia pemakaian logam tersebut.

Salah satu tujuan proses *Hot Dip Galvanizing* adalah meningkatkan ketahanan logam terhadap korosi. Pada logam terjadinya korosi akibat reaksi kimia, temperatur yang tinggi dan gas atau terjadi korosi elektrokimia dalam lingkungan air atau udara basah. Uji laju korosi dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh korosi terhadap baja karbon rendah yang dilapisi dengan metode *Hot Dip Galvanizing*.

Berdasarkan dari alasan dan pemikiran diatas, yang menjadi perhatian adalah lama waktu pencelupan. Untuk mengetahuinya maka diperlukan pengujian fisis yang dalam hal ini dilakukan pada hasil lapisan dengan variasi waktu yang berbeda. Dalam penulisan skripsi ini penulis mengambil judul “Pengaruh Variasi Waktu Pelapisan Baja Karbon Rendah dengan Seng Melalui Metode *Hot Dip Galvanizing*”.

B. Batasan Masalah

Proses pelapisan dan permasalahan dalam penelitian ini menjadi jelas dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan maka

peneliti perlu membatasi beberapa masalah yang akan diangkat dalam penelitian ini, yaitu:

1. Material logam yang akan digunakan adalah pelat baja karbon rendah.
2. Variasi waktu pencelupan yang digunakan 5 menit, 10 menit dan 15 menit.
3. Temperatur logam pelapis seng (zn) yang digunakan adalah 450°C (berdasarkan range temperatur seng cair untuk proses galvanisasi 445°C - 465°C).
4. Spesimen uji plat dengan ukuran panjang 150 mm, lebar 30 mm dan tebal 3 mm.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka permasalahan yang timbul adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi waktu pelapisan baja karbon rendah dengan menggunakan metode pelapisan *Hot Dip Galvanizing* terhadap ketebalan lapisan ?
2. Bagaimana pengaruh variasi waktu pelapisan baja karbon rendah dengan menggunakan metode pelapisan *Hot Dip Galvanizing* terhadap struktur mikro ?

D. Penegasan Istilah

Judul dalam penelitian ini memuat beberapa kata, untuk menghindari salah pengertian dalam judul ini, maka perlu adanya penegasan istilah untuk memperjelas makna dari judul skripsi ini, yaitu:

1. Waktu pelapisaan

Waktu pelapisaan adalah lamanya proses yang diperlukan dalam pelapisaan. Waktu pelapisaan umumnya antara 1 – 5 menit. Pada menit awal pelapisaan ketebalan lapisan meningkat dengan cepat, kemudian laju pertumbuhan lapisan menurun dengan berjalannya waktu sampai akhirnya sangat lambat (Permadi dan Kurniawan, 2012: 3).

2. Kualitas seng

Pemakaian pelapis seng dengan kandungan Zn hingga 99,99% cenderung memudahkan proses pelarutan permukaan baja saat baja dicelup dalam larutan seng cair. Seng yang dipakai harus memenuhi *British Standard BS 3436* yang mengandung minimal 98,5 Zn dan 1,65 total campuran timbal, besi dan cadmium. Kandungan timbal lebih dari 1% dapat digunakan karena kelebihan timbal akan terpisah dan mengendap di bawah lelehan seng (Saragih, 2008 dalam (Permadi dan Kurniawan, 2012 : 3)).

3. Hasil Pelapisaan

Hasil Pelapisaan merupakan produk akhir dari suatu proses produksi pelapisaan. Hasil pelapisaan pada penelitian ini ada dua yaitu

a. Ketebalan lapisan

Pengamatan terhadap ketebalan lapisan adalah sifat fisis yang diamati dalam penelitian ini. Tujuan dari pengamatan ini adalah untuk mengetahui perbedaan tebal lapisan pada setiap benda kerja yang diuji.

b. Struktur mikro

Pengamatan terhadap struktur mikro adalah salah satu sifat fisis yang diamati dalam penelitian ini. Tujuan dari pengamatan ini adalah untuk mengetahui struktur mikro maupun ukuran butir di daerah lapisan sehingga dapat diketahui perubahan dan fenomena – fenomena yang terjadi pada hasil lapisan.

4. *Hot Dip Galvanizing*

Hot Dip Galvanizing merupakan salah satu proses pelapisan logam dengan menggunakan seng (Zn). Proses *Hot Dip Galvanizing* dilakukan dengan cara memncelupkan logam yang akan dilapisi kedalam media pelapis logam (Zn) yang sebelumnya mengalami peleburan (Gapsari, dkk, 2012: 283).

5. Baja Karbon Rendah

Baja Karbon dapat dikelompokkan menjadi: baja karbon tinggi (C 0,7 – 1,7%), baja karbon sedang (C 0,3 – 0,7%) dan baja karbon rendah memiliki (C < 0,3%). Baja karbon rendah memiliki kekuatan sedang dengan keuletan yang baik dan digunakan untuk tujuan

konstruksi atau struktural, seperti : jembatan, bangunan gedung, kendaraan bermotor (Smallman dan Bishop, 2000: 326).

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan permasalahan di atas, maka tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi waktu pelapisan baja karbon rendah dengan seng melalui metode HDG (*Hot Dip Galvanizing*) terhadap ketebalan lapisan.
2. Mengetahui pengaruh variasi waktu pelapisan baja karbon rendah dengan seng melalui metode HDG (*Hot Dip Galvanizing*) terhadap struktur mikro.

F. Manfaat Penelitian

1. Bagi peneliti

Menambah pengetahuan guna meningkatkan pengetahuan bagi peneliti dalam bidang pelapisan, pengujian bahan dan bahan teknik. Mendapat pengetahuan tentang hasil ketebalan lapisan dan struktur mikro dari bahan dan variasi waktu pelapisan yang telah digunakan.

2. Bagi praktisi

Sebagai literatur pada penelitian yang sejenisnya dalam rangka pengembangan teknologi khususnya bidang pelapisan. Sebagai

informasi bagi industri pelapisan untuk meningkatkan kualitas hasil pelapisan.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Baja

Baja merupakan paduan yang terdiri dari besi dan karbon serta unsur lainnya. Karbon merupakan salah satu unsur yang penting karena dapat meningkatkan kekerasan dan keuletan baja. Pada industri baja merupakan logam yang banyak digunakan baik dalam bentuk pelat, lembaran, pipa, batang, profil dan sebagainya. Proses pembuatan baja dapat dilakukan melalui proses *Bessemer*, *Thomas*, *Siemens Martin*, *Dapur Listrik*. Secara garis besar baja dikelompokkan menjadi :

a. Baja Karbon

Baja karbon adalah paduan besi karbon dengan sedikit Si, Mn, P, S dan Cu (Wiryosumarto dan Okumura, 2000: 89) dimana unsur karbonnya sangat menentukan sifatnya, sedang unsur paduan lainnya yang biasa terkandung didalam baja karena proses pembuatannya.

b. Baja Paduan

Baja paduan adalah baja yang mengandung unsur-unsur tertentu didalamnya agar didapatkan kualitas yang bagus dan unsur-unsur tersebut kadarnya lebih rendah. Unsur yang terdapat

pada baja paduan rendah unsur paduannya dibawah 10% dan baja paduan tinggi atau baja khusus unsur paduannya diatas 10%. Baja paduan rendah mengandung unsur-unsur paduan sebagai elemen tambahan pada besi dan karbon. Unsur-unsur paduan tersebut dapat berupa mangan (Mn), nikel (Ni), kromium (Cr), Molibden (Mo), silikon (Si) dan lain-lain.

Sifat baja karbon tergantung pada kadar karbon yang dikandungnya. Secara umum baja karbon diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu (Smallman dan Bishop, 2000: 326) :

1. Baja karbon rendah yaitu baja yang memiliki kadungan karbon $< 0,3\%$ C, baja karbon rendah juga tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk martensit. Contoh penggunaannya sebagai bahan konstruksi kapal, konstruksi kendaraan bermotor dan sebagainya.
2. Baja karbon sedang yaitu baja yang memiliki kandungan karbon $0.3\%-0.7\%$ C, baja jenis ini lebih keras dan lebih kuat dibandingkan dengan baja karbon rendah. Untuk contoh penggunaannya hampir sama dengan baja karbon rendah
3. Baja karbon tinggi yaitu baja yang memiliki memiliki kandungan karbon $> 0.7\%$ C, baja jenis ini memiliki kekerasan tinggi namun keuletannya lebih rendah. Contoh penggunaannya untuk per, perkakas potong dan sebagainya.

Tabel 1. Klasifikasi baja karbon (Wiryosumarto dan Okumura, 2000: 90).

Jenis dan kelas		Kadar karbon (%)	Kekuatan luluh (kg/mm ²)	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Perpanjangan (%)	Kekerasan brinel	Penggunaan
	Baja lunak khusus	0,08	18-28	32-36	40-30	95-100	Pelat tips
Baja karbon rendah	Baja sangat lunak	0,08-0,12	20-29	36-42	40-30	80-120	Batang,kawat
	Baja lunak	0,12-0,2	22-30	38-48	36-24	100-130	Konstruksi umum
	Baja setengah lunak	0,2-0,3	24-36	44-55	32-22	112-145	
Baja karbon sedang	Baja setengah keras	0,3-0,4	30-40	50-60	30-17	140-170	Alat perkakas mesin
Baja karbon tinggi	Baja keras	0,4-0,5	34-46	58-70	26-14	160-200	Perkakas rel,pegas dan kawat piano
	Baja sangat keras	0,5-0,8	36-47	65-100	20-11	180-235	

Tabel 2. Klasifikasi baja karbon rendah menurut tingkat deoksidasinya (Wiryosumarto dan Okumura, 2000: 90)

Kelas Baja	Tingkat Deoksidasi	Jenis Baja	Komposisi Kimia (%)			Cara Deoksidasi	Rongga Halus	Pemisahan	Rongga penyusutan
			C	Si	Mn				
Baja rim	Rendah	Baja karbon rendah	<0,3	<0,01	0,25-0,45	Fe-Mn	Banyak	Banyak	Sedikit sekali
Baja Semi-kil	Sedang	Baja karbon	<1,0	0,01-0,1	0,45-0,8	Fe-Si	Sedikit	Sedikit	Sedikit
Baja Kil	Tinggi	Baja karbon khusus	<1,5	>0,10	>0,3	Fe-Si, Al	Hampir tidak ada	Sedikit sekali	Banyak

2. Pengaruh Unsur Paduan dalam Baja

Baja merupakan paduan yang terdiri dari besi, karbon dan unsur-unsur lainnya. Pengaruh unsur paduan dalam baja adalah sebagai berikut :

- a. Silisium (Si) terkandung dalam jumlah kecil di dalam semua bahan besi dan dibubuhkan dalam jumlah yang lebih besar pada jenis-jenis istimewa. Meningkatkan kekuatan, kekerasan kesudian diperkeras secara keseluruhan, kekenyalan, ketahanan aus, ketahanan terhadap panas dan karat, ketahan terhadap panas tetapi menurunkan regangan, kesudian tempa dan las.
- b. Mangan (Mn), meningkatkan kekuatan, kekerasan, ketahanan aus, penguat pada pembentukan dingin, tetapi menurunkan kesudian serpih.
- c. Nikel (Ni), meningkatkan keuletan, pengerasan menyeluruh, ketahanan karat, tahanan listrik (kawat pemanas), tetapi menurunkan kecepatan pendinginan regangan panas.
- d. Krom (Cr), meningkatkan kekuatan, kekerasan, batas rentang ketahanan aus, ketahanan panas, kerak, kesudian temper menyeluruh.
- e. Molibdenum (Mo), meningkatkan kekuatan tarik, batas rentang, kesudian temper menyeluruh, batas rentang panas, ketahanan panas dan batas kelelahan.

- f. Kobalt (Co), meningkatkan kekerasan, ketahanan aus, ketahanan karat dan panas, daya tahan listrik dan kejenuhan magnetis.
- g. Vanadium (V), meningkatkan kekuatan, batas rentang, kekuatan panas dan ketahanan leleh, suhu pijar pada perlakuan panas, tetapi menurunkan kepekaan terhadap sengatan panas yang melewati pada batas perlakuan panas.
- h. Wolfram (W), meningkatkan kekuatan, kekerasan, batas rentang, kekuatan panas, ketahanan terhadap normalisasi dan daya sayat, tetapi sedikit menurunkan regangan.
- i. Titanium (Ti), memiliki kekuatan seperti baja, mempertahankan sifatnya hingga 400 °C.

3. Seng

Bijih seng ada dalam simpanan yang besar di alam, umumnya mudah ditambang dan tersebar diseluruh dunia. Pertambangan banyak dilakukan di Australia dan Kanada. Seng termasuk logam yang anodik (berpotensi rendah) dan baik untuk melapisi baja. Tingkat kekuatan dari perlindungan dengan lapisan seng adalah sebanding dengan ketebalan lapisan yang terjadi.

Seng bersifat atmosferik karena dapat bereaksi dengan asam encer (proses lebih lambat jika seng murni yang direaksikan), disamping itu seng juga dapat bereaksi dengan basa. Seng sangat sedikit digunakan sebagai bahan konstruksi, lebih sering digunakan untuk proses galvanisasi, bahan campuran untuk logam seperti

kuningan dan tembaga, dan sebagai bahan-bahan bangunan. Tingkat kekuatan dari perlindungan dengan lapisan seng adalah sebanding dengan ketebalan lapisan yang terjadi.

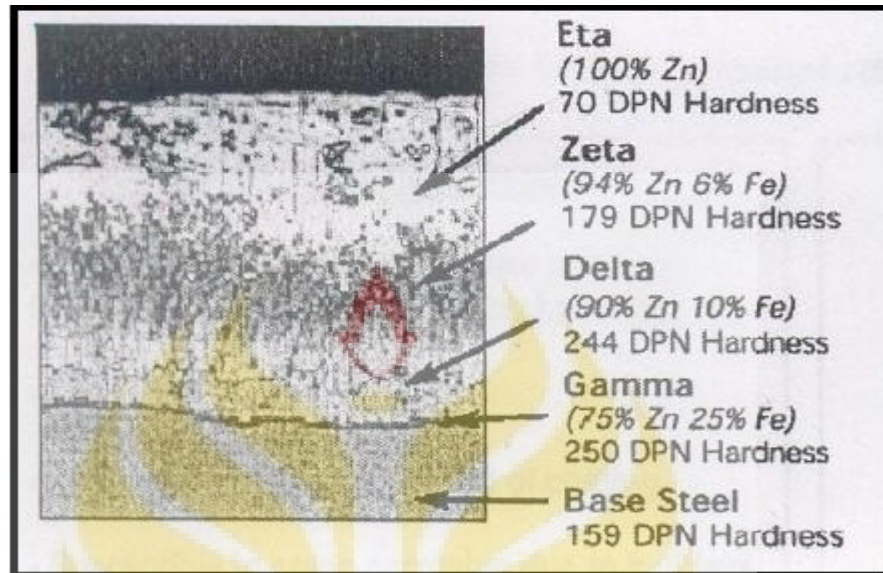
4. *Hot Dip Galvanizing*

Reaksi korosi pada baja (Fe) dengan H₂O atau dengan komponen lain yang ada di lingkungan berjalan spontan tanpa perlunya energi dari luar sistem (G negatif). Agar reaksi korosi terkendali, maka perlu dilakukan proteksi/pengendalian korosi, salah satunya melalui pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing*.

Pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing* merupakan salah satu proses pelapisan logam dengan menggunakan seng (Zn). Proses *Hot Dip Galvanizing* dilakukan dengan cara mencelupkan logam yang akan dilapisi ke dalam media pelapis logam (Zn) yang sebelumnya mengalami peleburan (Gapsari, dkk, 2012: 283).

Lapisan seng (Zn) yang diperoleh dengan metode *Hot Dip Galvanizing* lebih tahan lama, relatif tangguh dan mempunyai tingkat kekerasan yang tinggi. Pada permukaan logam dasar terbentuk lapisan berupa paduan antara logam pelapis dan logam dasar dalam bentuk ikatan metalurgi yang kuat dan tersusun secara berlapis yang disebut fasa. Dari setiap lapisan memiliki sifat yang berbeda baik komposisi kimia maupun tingkat kekerasan. Lapisan paling atas yang terbentuk antara Fe dengan Zn (*eta layer*) akan lebih murni dan lunak, sedangkan lapisan paling bawah (*gamma layer*) mempunyai paduan

baja paling tinggi dibandingkan lapisan lainnya (Permadi dan Kurniawan, 2012 : 3).



Gambar 1. Lapisan Galvanizing

(Association of Australia 1993 : 13)

Dari gambar diatas dapat dijelaskan karakteristik dari tiap-tiap lapisan yaitu:

a. Lapisan eta

Lapisan ini hampir seluruhnya seng murni.

b. Lapisan zeta

Lapisan ini memiliki kandungan 94% seng dan 6% besi.

c. Lapisan delta

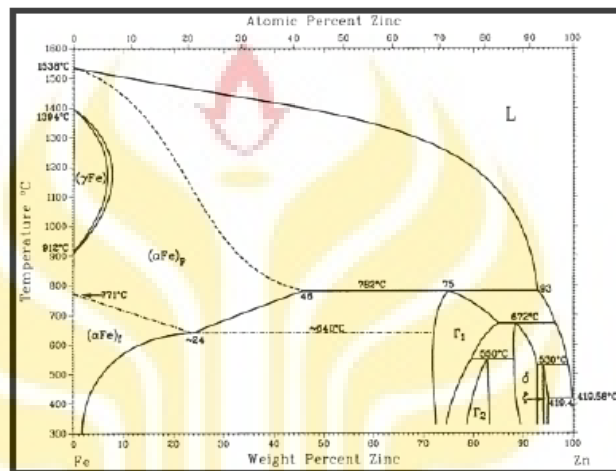
Lapisan ini memiliki kandungan 90% seng dan 10% besi.

d. Lapisan gamma

Lapisan ini memiliki kandungan 75% seng dan 25% besi.

Hasil proses pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing* dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain faktor preparasi

proses/pre-treatment (*degreasing, pickling, fluxing* dan *rinsing*), komposisi baja, komposisi larutan seng cair, temperatur dan waktu pencelupan serta waktu pengangkatan baja dari bak galvanis. Pada gambar ini memperlihatkan secara global, fase paduan Fe-Zn pada komposisi tertentu dan temperatur tertentu.



Gambar 2. Digram fase Fe-Zn

(Desmukh dan Patil, 2012: 72)

Kelebihan dan Kekurangan *Hot Dip Galvanizing*

a. Kelebihan *Hot Dip Galvanizing*

- 1) Memiliki usia yang panjang
- 2) Tidak memerlukan *topcoat* untuk lingkungan pH 5-10
- 3) Mampu memproteksi struktur yang kompleks dan rumit
- 4) Sekali proses pencelupan dapat melapisi permukaan luar dan dalam secara bersamaan

b. Kekurangan *Hot Dip Galvanizing*

- 1) Besar struktur yang akan dilapisi dibatasi dengan ukuran penampung
- 2) Tidak terlalu bagus untuk struktur yang selalu terendam
- 3) Tidak cocok diaplikasikan untuk lingkungan dengan pH <5
- 4) Jika akan dilakukan *topcoat* maka permukaan harus ditutupi dengan *sealer*

5. Proses Pelapisan *Hot Dip Galvanizing*

Secara garis besar proses pelapisan *Hot Dip Galvanizing* sama dengan proses pelapisan dengan metode lainnya, yaitu proses pelapisannya memerlukan tiga tahap yaitu :

a. Tahap persiapan (*Pre Treatment*)

Permukaan benda kerja yang akan dilapisi harus dalam kondisi bersih dan bebas dari bermacam-macam pengotor. Hal ini harus dilakukan agar lapisan yang dihasilkan baik. Untuk mendapat kondisi seperti tersebut perlu dilakukan pengerjaan pendahuluan dengan tujuan :

- 1) Menghilangkan semua pengotor yang ada dipermukaan benda kerja seperti pengotor organik, anorganik/oksida dan lain-lain.
- 2) Mendapatkan kondisi fisik permukaan benda kerja yang lebih baik dan aktif.

Teknik pengejaan 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. Hal ini dilakukan untuk menghaluskan permukaan benda kerja dan menghilangkan goresan-goresan serta kerak-kerak tersebut dilakukan dengan mesin gerinda.

2) Pembersihan secara kimia

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

Proses *Degreasing* ini menggunakan soda kaustik atau larutan NaOH.

Pencelupan kedalam soda kaustik yang konsentrasi larutannya sekitar 10% dilakukan pada temperatur antara 70% dengan lama pencelupan sekitar 10 menit (Gapsari, dkk, 2012: 286).

b) *Water Rinsing I*

Tujuan dari *water rinsing 1* ini untuk membersihkan soda kaustik yang menempel pada permukaan material

dalam proses *degreasing*. Tahapan ini berlangsung sekitar 10 menit (Gapsari, dkk, 2012: 286).

c) *Pickling*

Untuk menghilangkan karat dan menghindari lapisan oksida penyebab terjadinya korosi maka dilakukan proses *pickling*. Proses ini dilakukan dengan mencelupkan material kedalam larutan asam klorida (HCl) atau asam sulfat (H₂SO₄) dengan konsentrasi 10%-15% dan waktu pencelupan sekitar 10 menit (Gapsari, dkk, 2012: 286).

Reaksi yang terjadi pada proses *pickling* ini adalah :



Proses *pickling* ini terjadi seperti ditunjukkan pada reaksi 1, 2 dan 3 sedangkan reaksa 4, 5 dan 6 merupakan peristiwa *overpickling*. Terbentuknya gas H₂ pada reaksi 4 dapat menimbulkan lapisan *galvanizing* yang melepuh.

d) *Water Rinsing II*

Proses ini sama seperti proses water rinsing I dan bertujuan untuk menghilangkan sisa-sisa larutan asam dari proses *pickling* (Gapsari, dkk, 2012: 286).

e) *Fluxing*

Proses *fluxing* merupakan proses pelapisan awal dengan memakai larutan *Zinc Amonium Clorida* (ZAC) dengan konsentrasi larutan 35% pada suhu 70 °C selama 10 menit (Gapsari, dkk, 2012: 286). Tujuan dari proses ini adalah :

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

f) *Driying*

Sebelum dilakukan proses *galvanizing*, benda kerja yang telah mengalami proses *fluxing* dikeringkan untuk menghilangkan kandungan air pada material yang dapat menyebabkan terjadinya ledakan saat pencelupan (Gapsari, dkk, 2012: 286).

b. Tahap Pencelupan (*Galvanizing*) atau Pelapisan

Benda kerja yang telah bersih dari karat atau kotoran yang menempel pada permukaan benda kerja setelah dilakukan proses *pre-treatment* kemudian dilakukan proses pelapisan. Pada saat

benda kerja dimasukkan kedalam seng cair, permukaan benda kerja dan seng cair akan terlapisi membentuk lapisan paduan baja dan seng. Pada proses ini dilakukan pencelupan material kedalam larutan seng cair pada temperatur 450 °C. Lama pencelupan benda kerja dilakukan selama 5 menit, 10 menit dan 15 menit.

Sebelum proses penarikan benda kerja yang telah terlapisi seng, terlebih dahulu dilakukan proses penggetaran secara manual dengan cara menggoyang-goyangkan benda kerja agar kotoran yang ada tidak terbawa kepermukaan lapisan. Setelah itu benda kerja ditarik (dikeluarkan) dari bak galvanis dengan laju penarikan yang terkontrol sehingga lapisan seng murni yang membeku terbentuk dipermukaan benda kerja.

Masa total lapisan seng yang terbentuk dipermukaan benda kerja sangat tergantung pada massa dan tebal benda kerja yang diproses. Selain itu ketebalan lapisan, jenis dan jumlah lapisan paduan seng dengan baja dipengaruhi oleh kondisi permukaan benda kerja dan komposisi baja yang diproses (Gapsari, dkk, 2012: 287), sedangkan yang mempengaruhi proses pelapisan seperti daya lekat, keuletan, kekerasan, ketebalan dan tampak rupa adalah :

- 1) Jenis bahan dasar logam yang akan dilapisi
- 2) Proses pengerjaan pendahuluan dan akhir
- 3) Kadar logam pelapis dan unsur paduannya
- 4) Waktu/lamanya proses pelapisan

- 5) Temperatur cair logam pelapis
 - 6) Kecepatan pengangkatan
- c. Tahap Pendinginan dan Penyelesaian
- 1) *Quenching*

Proses *quenching* merupakan proses pendinginan material yang telah dilapisi yang bertujuan agar pada benda kerja tidak terbentuk butiran putih yang menempel atau *white rust*. Pendinginan dilakukan dengan cara mencelupkan benda kerja kedalam larutan sodium bikromat dengan konsentrasi 0,0015% kedalam air (Gapsari, dkk, 2012: 287).

- 2) *Finishing*

Benda kerja yang sudah terlapisi kemudian di *finishing* dengan cara dikeringkan terlebih dahulu kemudian hasil pelapisan yang kasar dihaluskan dengan gerinda penghalus (Gapsari, dkk, 2012: 287)..

6. Temperatur *Galvanizing*

Temperatur larutan dapat mempengaruhi hasil pelapisan. Kenaikan temperatur larutan menyebabkan pengkristalan zat terlarut lebih disukai, daya larutnya bertambah besar dan terjadi penguraian garam logam yang menjadikan tinggi konduktivitas serta menambah mobilitas ion logam, tetapi viskositas jadi berkurang, sehingga endapan ion logam pada katoda akan lebih cepat sirkulasinya.

Kenaikan temperatur dapat meningkatkan reaktifitas larutan sehingga berakibat lapisan menjadi tebal.

Peristiwa ini cenderung mengarah pada lapisan kasar dan mengurangi terserapnya gas hidrogen dalam lapisan, menurunkan tegangan serta mengurangi kerapuhan, sebagai contoh pelapisan seng. Secara teknis pelapisan *Hot Dip Galvanizing* dengan logam pelapis seng memang lebih sederhana dibandingkan dengan pelapis logam yang lain. Sehingga secara ekonomis pun pelapisan logam dengan seng relatif lebih murah. Temperatur yang biasa digunakan dalam proses galvanisasi umumnya berkisar 445°C – 465°C . Temperatur maksimum untuk proses galvanisasi disarankan tidak melebihi 480°C karena pada temperatur tersebut lapisan yang dihasilkan menjadi tidak merata dan memungkinkan proses difusi secara terus berjalan hingga menembus logam dasar (Saragih, 2008 dalam (Permadi dan Kurniawan, 2012 : 3)).

7. Ketebalan Lapisan

Hasil akhir dari proses pelapisan secara galvanizing adalah ketebalan hasil pelapisan. Suatu proses dikatakan berhasil jika lapisan mampu meningkatkan sifat barang yang dilapisi serta bisa diterima konsumen. Salah satu sifat yang akan ditingkatkan dari pelapisan *Hot Dip Galvanizing* adalah ketahanan logam terhadap korosi. Ketebalan hasil lapisan yang tidak merata/tidak sempurna menyebabkan

terjadinya porositas yaitu adanya pori-pori pada lapisan sehingga udara luar bisa menembus dan menimbulkan terjadinya korosi.

8. Struktur Mikro Baja

Baja mempunyai banyak sifat, misalnya kekuatan, kekerasan dan regangan. Adanya perbedaan sifat-sifat tersebut terutama karena zat arang yang dikandung baja tidak terpadu. Hal ini selain disebabkan adanya intensitas zat arang tetapi juga dikarenakan cara mengadakan ikatan dengan besi yang dapat mempengaruhi sifat baja. Dalam baja yang didinginkan secara lambat menuju suhu ruangan dibedakan menjadi tiga bentuk utama kristal.

- a. Ferrit yaitu kristal besi murni terletak rapat saling berdekatan tidak teratur, baik bentuk maupun besarnya. Ferrit merupakan bagian baja yang paling lunak. Ferrit murni sangat tidak cocok dijadikan sebagai bahan untuk benda kerja yang menahan beban karena kekuatan kecil.
- b. Karbida besi (Fe_3C) suatu senyawa kimia antara besi dengan karbon sebagai unsur struktur tersendiri dinamakan sementit dan mengandung 6,7% karbon. Terdapat tiga atom besi yang mengadakan ikatan dengan sebuah karbon menjadi sebuah karbida besi. Dengan meningkatkan kandungan karbon maka kadar sementit akan semakin besar pula. Sementit dalam baja merupakan unsur yang paling keras.

- c. Perlit merupakan campuran erat antara ferrit dan sementit dengan kandungan zat arang sebesar 0,8%. Dalam struktur perlit, semua kristal ferrit terdiri dari serpihan sementit halus yang memperoleh penempatan saling berdampingan dalam lapisan tipis mirip lamel.

Bila kadar karbon baja melampaui 0,2%, suhu dimana ferrit mulai terbentuk dan mengendap dari austenit turun. Baja yang berkarbon 0,8% disebut baja eutektoid dan struktur dari 100% perlit. Titik eutektoid adalah titik terendah dalam logam dimana terjadi perubahan dalam keadaan larut padat dan merupakan suhu keseimbangan terendah dimana austenit berubah menjadi ferrit dan sementit. Bila kadar karbon baja lebih besar daripada eutektoid, perlu diamati garis pada diagram besi-karbida besi. Garis ini menyatakan suhu dimana karbida besi mulai memisah dari austenit. Baja dengan kadar karbon kurang dari eutektoid (0,8%) disebut baja hipoeutektoid dan yang mengandung kadar karbon lebih dari eutektoid disebut baja hipereutektoid.

Sifat-sifat fisik atau mekanik dari material tergantung dari struktur mikro material tersebut. Struktur mikro dalam logam (paduan) ditunjukkan dengan besar, bentuk dan orientasi butirnya, jumlah fasa, proporsi dan kelakuan dimana mereka tersusun atau terdistribusi.

Struktur mikro dari paduan tergantung dari beberapa faktor seperti: elemen paduan, konsentrasi dan perlakuan panas yang diberikan. Pengujian struktur mikro atau mikrografi dilakukan dengan bantuan

mikroskop dengan koefisien pembesaran dan metode kerja yang bervariasi. Secara umum bekerja dengan refleksi pemadaran (sinar).

Adapun beberapa tahap yang perlu dilakukan sebelum melakukan pengujian struktur mikro adalah:

1) *Sectioning* (pemotongan)

Pemotongan ini dipilih sesuai dengan bagian yang akan diamati struktur mikronya. Spesimen uji dipotong dengan ukuran seperlunya.

2) *Grinding* (pengamplasan kasar)

Tahap ini untuk menghaluskan dan meratakan permukaan spesimen uji yang ditujukan untuk menghilangkan retak dan goresan. *Grinding* dilakukan secara bertahap dari ukuran yang paling kecil hingga besar.

3) *Polishing* (pemolesan)

Tahap ini bertujuan untuk menghasilkan permukaan spesimen yang mengkilap, tidak boleh ada goresan. Pada tahap ini dilakukan dengan menggunakan kain yang telah olesi autosol. Untuk mendapatkan hasil yang baik, maka perlu diperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

Pemolesan : Dalam melakukan pemolesan sebaiknya dilakukan dengan satu arah agar tidak terjadi goresan. Pemolesan ini menggunakan kain yang diolesi autosol dan dalam melakukan pembersihan harus sampai bersih.

Penekanan : apabila terlalu menekan maka arah dan posisi pemolesan dapat berubah dan kemungkinan terjadi goresan.

4) *Etching* (pengetsaan)

Hasil dari proses pemolesan akan berupa permukaan yang mengkilap seperti cermin. Agar struktur terlihat jelas maka permukaan tersebut dietsa.

5) Pemotretan

Dimaksudkan untuk mendapatkan gambar struktur mikro dari spesimen uji setelah difokuskan dengan mikroskop

9. Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui persentase unsur kimia yang terdapat dalam spesimen. Unsur – unsur yang terkandung di dalam baja sangat mempengaruhi sifat mekanis dari baja yang bersangkutan. Jenis-jenis baja pada umumnya ditentukan berdasarkan kandungan unsur karbon yang tergantung dalam material baja tersebut (Fitri, dkk, 2013: 77).

B. Kajian Pustaka

Penelitian yang akan dilakukan ini merujuk pada beberapa penelitian sebelumnya, diantaranya adalah :

Penelitian yang dilakukan Yetri (2001: 37). Dalam penelitian ini proses galvanisasi yang dilakukan menggunakan material batang baja karbon rendah dengan variasi suhu 30 °C, 50 °C dan 200 °C. Spesimen

hasil galvanisasi tersebut dilakukan proses baking (pemanasan) terlebih dahulu pada temperatur 200 °C dengan variasi waktu 15 jam, 48 jam dan 65 jam. Setelah pemanasan dilakukan kemudian dilakukan analisa struktur mikro dengan menggunakan *microscop optic*. Dalam penelitian tersebut setelah dilakukan pengamatan struktur mikro disimpulkan bahwa spesimen hasil proses *Hot Dip Galvanizing* pada temperatur 30 °C, 50 °C dan 200 °C tidak mempengaruhi struktur mikro pada spesimen. Tetapi temperatur dan lamanya proses baking (pemanasan) dapat merusak lapisan seng yang terbentuk, sehingga lapisan tersebut tidak protektif dan tidak menarik lagi.

Penelitian yang dilakukan oleh Gapsari, dkk (2012: 289). Dalam penelitian ini proses Galvanisasi yang dilakukan menggunakan material baja AISI 1010 dengan temperatur 480 °C, lama waktu pencelupan 6 menit dan menggunakan tiga variasi Grit 100, 500 dan 1000. Penelitian ini membandingkan antara kekasaran permukaan dan porositas hasil *Hot Dip Galvanizing*. Hasil dari penelitian ini diketahui bahwa spesimen dengan grid 100 memiliki tingkat kekasaran 1,34 µm dan porositas 11,67, grit 500 memiliki tingkat kekasaran 0,88 µm dan porositas 8,67, grit 800 memiliki tingkat kekasaran 0,56 µm dan porositas 5 kemudian untuk grit 1000 memiliki tingkat kekasaran 0,34 µm dan porositas 1. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa pada grid 100 akan menghasilkan porositas yang banyak. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi

kekasaran permukaan baja maka porositas dari hasil *Hot Dip Galvanizing* semakin besar.

Penelitian yang dilakukan oleh Permadi dan Kurniawan (2012 :1). Dalam penelitian ini proses galvanisasi yang dilakukan menggunakan material baja ASTM A606 dengan variasi suhu 445 °C dan 455 °C dengan variasi waktu 3 menit, 5 menit dan 7 menit. Variabel yang diteliti meliputi pengukuran ketebalan lapisan, pengukuran berat lapisan, pengukuran kekasaran permukaan, analisa struktur mikro, pengujian *micro hardness* dan pengujian imersi larutan asam. Berdasarkan hasil pengujian disimpulkan bahwa variasi lama pencelupan dan temperatur logam cair mempengaruhi peningkatan ketebalan dan berat lapisan. Semakin tinggi temperaturnya dan semakin lama waktu pencelupannya maka akan semakin tebal lapisan yang terbentuk serta berat lapisan yang akan meningkat. Kenaikan temperatur yang tinggi juga mempengaruhi besar butiran fasa zeta yang terbentuk. Parameter yang memiliki efektifitas perlindungan dilingkungan korosif dan karakteristik lapisan yang baik adalah parameter 5 menit 455 °C. Parameter ini memiliki laju korosi yang paling rendah.

Penelitian yang dilakukan oleh Yulianto dan Aryawidura (2012 : 3). Dalam penelitian ini proses galvanisasi menggunakan material baja karbon rendah dengan variasi waktu 30 detik, 45 detik, 60 detik dan menggunakan suhu 450 °C. Penelitian ini menggunakan pengujian ketebalan lapisan, kekerasan *vicker* dan analisa struktur mikro.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin lama tahan waktu pencelupan maka semakin tebal lapisan seng (Zn) yang dihasilkan dan nilai kekerasannya akan semakin tinggi juga. Nilai kekerasan semakin tinggi disebabkan karena struktur mikro pada fasa zeta semakin banyak lapisan seng (Zn).

Penelitian yang dilakukan oleh Desmukh dan Patil (2012 : 71). Dari penelitian ini menggunakan material *mild steel* dan dapat disimpulkan bahwa paparan dari 5 sampai 10 menit menghasilkan lapisan yang baik dengan lapisan fase seragam yang berbeda dari fase Fe-Zn. Kekurangan atau kelebihan waktu pelapisan tidak menghasilkan lapisan yang baik. Namun, penelitian selanjutnya dilakukan untuk menyelidiki efek dari *prefluxing*, mengungkapkan fakta bahwa sebagai Cd dan Zn milik kelompok yang sama tabel periodik lapisan diharapkan untuk menjadi serupa, maka perilaku mereka tentang *galvanizing* harus sama. Tapi anomali dalam struktur spesimen dicelupkan ke dalam bak *prefluxing* mengandung Cd menunjukkan lapisan yang bergelombang dari fase zeta.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Desain penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen, yang bertujuan untuk mengetahui sebab dan akibat yang muncul berdasarkan perlakuan yang diberikan oleh peneliti.

Menurut Sugiyono (2011:72), metode penelitian eksperimen dapat diartikan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan.

Pada penelitian ini suatu kelompok dikenakan perlakuan tertentu kemudian dilakukan pengukuran untuk mengetahui ketebalan lapisan, pengamatan struktur mikro dari tiap-tiap lapisan.

B. Alat dan Bahan

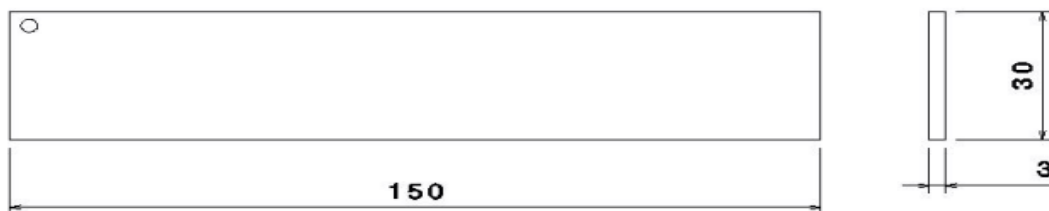
1. Alat

- a. Peralatan *Hot Dip Galvanizing* (krusibel, dudukan krusibel, blower, bahan bakar) dengan dimensi 8mx1mx1m.
- b. Alat pengukur suhu (*thermokopel*) merk GGD dengan *rate voltage* 350 V.
- c. Alat pengukur ketebalan pelapisan (*thickness minitest*) merk *KRISBOW* dengan *measuring range* 0 – 1250 μm .

- d. *Stopwatch*
 - e. Mesin gerinda.
 - f. Kawat.
 - g. Mikroskop optik merk *Olympus PME*
 - h. Mesin poles
 - i. Micrometer.
 - j. Alat uji pengamatan struktur mikro merk *olympus PME* .
2. Bahan
- a. Baja karbon rendah.
 - b. Air.
 - c. Larutan NaOH (untuk proses *degreasing*)
 - d. Larutan HCL (konsentrasi 10-15 %).
 - e. NH_4CL (konsentrasi 30 %).
 - f. Larutan Seng cair.

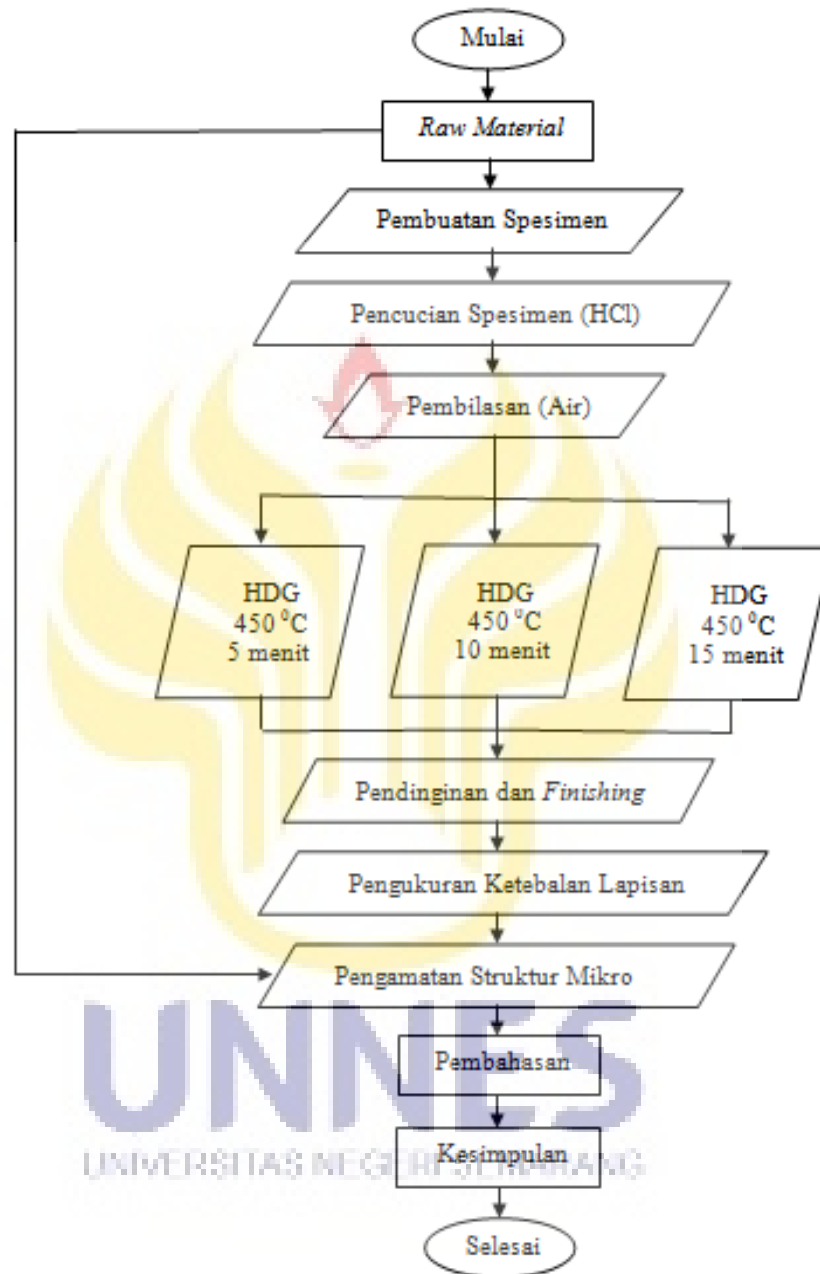
C. SPESIMEN

Pada penelitian ini spesimen yang digunakan dengan ukuran panjang 150 mm, lebar 30 mm dan tebal 3 mm sebanyak 9 buah. Spesimen dilakukan pengujian ketebalan lapisan dan struktur mikro.



Gambar 3. Gambar spesimen uji

D. Alur Penelitian



Gambar 4. Diagram alur penelitian

E. VARIABEL PENELITIAN

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel dependen (terikat) (Sugiyono, 2011: 39).

Pada penelitian ini variabel bebasnya adalah variasi waktu pencelupan 5 menit, 10 menit, 15 menit.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas (Sugiyono, 2011: 39).

Pada penelitian ini, variabel terikat meliputi ketebalan lapisan, dan struktur mikro daerah lapisan pada baja karbon rendah

3. Variabel Kontrol

Variabel Kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga hubungan variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti (Sugiyono, 2011: 41).

Variabel kontrol pada penelitian ini meliputi: temperatur seng 450 °C (Zn) cair dan larutan seng (Zn) cair dengan kandungan 99,99 % (Saragih, 2008 dalam (Permadi dan Kurniawan, 2012: 3)).

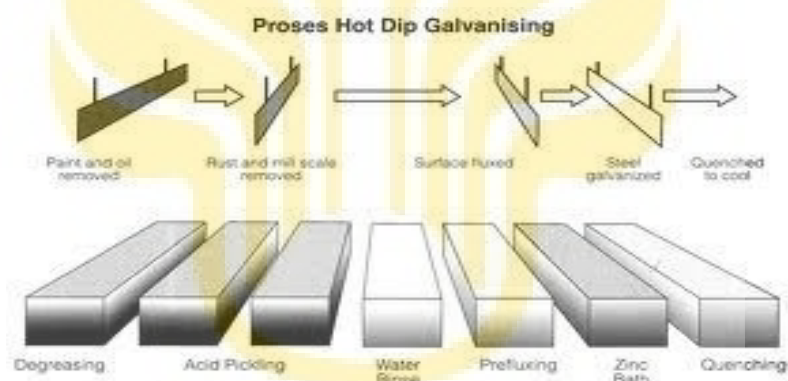
F. Pelaksanaan Eksperimen

1. Pembuatan persiapan spesimen.

Pembuatan persiapan memotong pelat baja karbon rendah dengan ukuran panjang 15 mm lebar 30 mm dan tebal 3 mm. Pemotongan ini dilakukan dengan mesin gergaji potong dan untuk meratakan dengan mesin gerinda pada kedua sisinya sampai rata.

2. Proses pelapisan benda

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pelapisan adalah:



Gambar 5. Proses Pelapisan Hot Dip Galvanizing

(Asosiasi Galvanis Indonesia, 1998: 2)

a. Tahap persiapan alat dan bahan penelitian.

Bahan-bahan yang perlu dipersiapkan dalam penelitian ini meliputi batang silinder baja karbon rendah yang sudah dipotong, larutan NaOH, NH_4Cl , HCl dan air. Alat yang perlu dipersiapkan adalah peralatan *Hot Dip Galvanizing* yang

meliputi krusibel, dudukan krusibel, *blower*, *thermokopel*, *microscop optic*, *stopwatch*, mesin gerinda dan kawat.

b. Tahap pengerjaan awal (*pre treatment*)

Adapun langkah-langkah pengerjaannya sebagai berikut :

- 1) Mencelupkan benda uji kedalam larutan HCl selama 15 menit sampai noda-noda oksidasi atau karat hilang.
- 2) Melakukan pembilasan dengan air pada bak air.
- 3) Melakukan pelapisan awal yaitu dengan mencelupkan benda uji kedalam larutan NH_4Cl pada konsentrasi 30% dan suhu 65°C selama 5 menit.
- 4) Mengeringkan benda uji dengan cara dipanggang.

c. Tahap pelaksanaan *Galvanizing* (pencelupan)

- 1) Mengatur temperatur seng agar mencapai temperatur yang diinginkan.
- 2) Menyiapkan dan menghidupkan *stop watch* pada saat benda kerja dicelupkan.
- 3) Mencelupkan benda uji kedalam bak *Galvanizing* pada tiga variasi waktu yaitu pada waktu 5 menit, 10 menit dan 15 menit. Benda uji yang dicelupkan untuk setiap variasi waktu temperturnya adalah 450°C , masing-masing 3 buah spesimen untuk sekali percobaan pada setiap variasi waktunya. Sehingga jumlah benda yang dicelupkan sebanyak 9 buah spesimen.

- 4) Melakukan pendinginan dengan mencelupkan benda yang sudah terlapisi kedalam air selama 5 menit.
- 5) Melakukan proses *finishing* yaitu dengan cara menggerinda pada spesimen yang masih terdapat sisa-sisa seng yang menempel.

3. Pengujian Ketebalan Lapisan

Spesimen uji dibuat dengan bentuk seperti yang ditunjukkan dalam gambar. Sebelum dilakukan pengujian, spesimen harus melalui tahapan seperti pembersihan secara mekanik dan secara kimia, kemudian dilakukan pengujian pada setiap spesimen. Pengukuran ketebalan lapisan pada benda kerja yaitu dengan menggunakan alat pengukur *thickness minitest*.



Gambar 6. Titik pengukuran ketebalan lapisan

Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

- a. Pastikan spesimen sudah dalam keadaan dingin
- b. Lakukan pengukuran ketebalan lapisan dengan menggunakan alat *thickness minitest* pada tiga titik secara acak

c. Lakukan pengukuran yang sama pada spesimen lain sampai selesai

4. Pengujian Struktur Mikro

Sifat fisik atau mekanik dari material tergantung dari struktur mikro material tersebut. Struktur mikro dalam logam (paduan) ditunjukkan dengan besar, bentuk orientasi butirnya, jumlah fasa, proporsi, dan perlakuan dimana material tersusun atau terdistribusi.

Sebelum melaksanakan pengujian struktur mikro, permukaan spesimen uji harus dipoles untuk mendapatkan permukaan lapisan yang bersih. Letakkan spesimen pada landasan mikroskop optik, aktifkan mesin, dekatkan lensa pembesar untuk melihat permukaan spesimen. Usahakan pada saat pengambilan foto tidak ada hal apapun yang membuat mikroskop optik bergerak, karena apabila mikroskop optik bergerak akan mempengaruhi hasilnya.

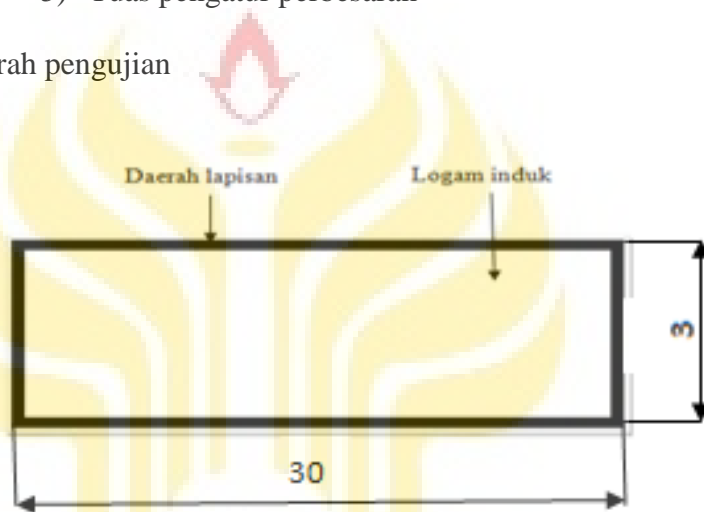


Gambar 7. Mesin foto struktur mikro

Keterangan gambar :

- 1) Landasan spesimen
- 2) Lengan pengatur kedudukan
- 3) Lensa pengatur pembesaran
- 4) Lensa untuk melihat
- 5) Tuas pengatur perbesaran

a) Daerah pengujian



Gambar 8. Daerah pengujian struktur mikro

- b) Persiapkan alat struktur mikro merk Olympus PME
- c) Nyalakan dan setting alat uji dengan pembesaran 100 kali
- d) Letakkan spesimen pada alat uji struktur mikro
- e) Lakukan pengamatan pada daerah lapisan dan logam induk
- f) Lakukan pengamatan pada spesimen lainnya

G. TEKNIK PENGUMPULAN DATA

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini adalah dengan metode dokumentasi, observasi dan penelitian secara langsung. Metode ini merupakan metode pengumpulan data penelitian yang dengan sengaja dan secara sistematis mengadakan perlakuan atau tindakan pengamatan terhadap suatu variabel dan eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui sebab dan akibat yang muncul berdasarkan perlakuan yang diberikan oleh peneliti.

Pengambilan data yang dilakukan adalah dengan meneliti ketebalan lapisan dengan menggunakan *microskop optic*, struktur mikro pada daerah lapisan menggunakan foto mikro.

H. TEKNIK ANALISIS DATA

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode statistika deskriptif. Menurut Sugiyono (2011:147), Statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi.

Data yang didapatkan dari hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk tabel maupun grafik dan kalimat untuk memberikan gambaran setiap perubahan yang terjadi. Bertujuan agar data tersebut mudah dimengerti dan dipahami sehingga mudah pula untuk ditarik

kesimpulannya dari pengaruh dan variasi waktu pelapisan dengan menggunakan temperatur logam pelapis 450°C terhadap ketebalan lapisan dan struktur mikro.



BAB IV

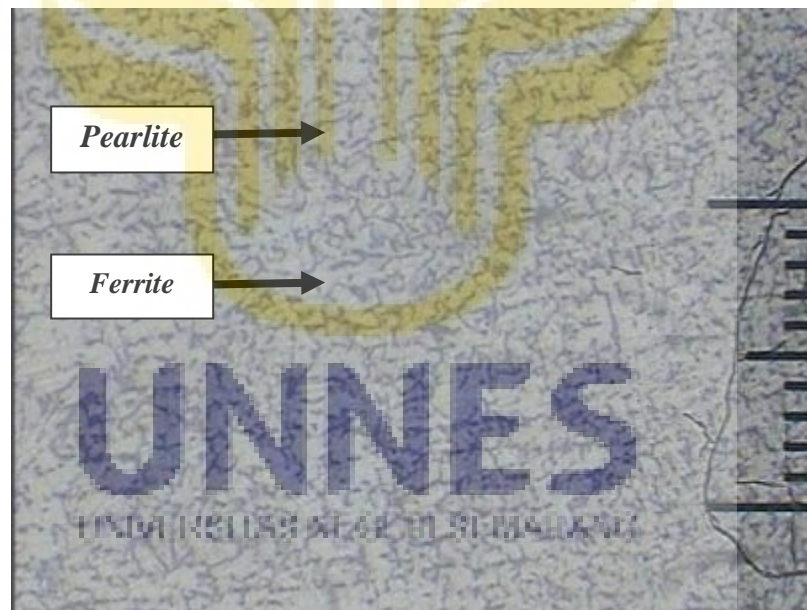
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Setelah melaksanakan pengukuran ketebalan lapisan dan pengujian foto mikro pada baja karbon rendah yang dilapisi dengan menggunakan metode *Hot Dip Galvanizing* dengan variasi waktu pencelupan, maka didapatkanlah data-data yang dapat dijadikan dasar untuk pembahasan dan untuk menarik kesimpulan. Data-data tersebut adalah sebagai berikut:

A. Hasil Penelitian

1. Struktur mikro *raw material*

Spesimen logam tanpa pelapisan (*raw materials*)



Gambar 12. Struktur mikro pada logam tanpa pelapisan dengan pembesaran

100x

Struktur mikro pada logam tanpa pelapisan (*raw materials*) memiliki jumlah butir kristal *ferrite* lebih banyak dibandingkan dengan butir kristal *pearlite*. Butiran kristal *pearlite* adalah bagian yang tampak

dengan warna hitam, sedangkan butir kristal *ferrite* adalah bagian yang tampak dengan warna putih. Tekstur struktur mikro logamnya nampak terlihat lebih halus dikarenakan pelat yang digunakan tipis, berbeda dengan pelat tebal akan menghasilkan struktur mikronya lebih kasar. Butiran kristal *pearlite* cenderung keras karena mengandung karbon, sedangkan butiran *ferrite* cenderung lunak.

2. Data hasil pengukuran ketebalan lapisan

Pengukuran ketebalan lapisan dilakukan di laboratorium divisi *Galvanizing* PT Kurnia Adijaya Mandiri Semarang. Titik daerah pengukuran ketebalan lapisan dipilih tiga titik secara acak. Pengukuran ketebalan lapisan terlihat seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 9. Daerah pengukuran ketebalan lapisan

Pengukuran ketebalan lapisan digunakan untuk menganalisa ketebalan lapisan pada proses *Hot Dip Galvanizing* dengan variasi waktu 5 menit, 10 menit dan 15 menit dengan menggunakan suhu 450 °C. Untuk melakukan pengukuran ketebalan lapisan digunakan alat yang bernama *thickness minutest*. Hasil pengamatanya adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Data hasil pengukuran ketebalan lapisan

Waktu Pelapisan	Spesimen	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Tebal rata-rata
5 menit	1	174 μm	201 μm	221 μm	198.67 μm
	2	176 μm	199 μm	204 μm	193 μm
	3	174 μm	175 μm	208 μm	185.67 μm
10 menit	1	309 μm	322 μm	323 μm	318 μm
	2	311 μm	326 μm	333 μm	323.34 μm
	3	318 μm	326 μm	329 μm	324.34 μm
15 menit	1	432 μm	450 μm	451 μm	444.34 μm
	2	434 μm	437 μm	454 μm	438.34 μm
	3	433 μm	451 μm	462 μm	448.67 μm

Dari tabel hasil pengukuran ketebalan lapisan terlihat bahwa semakin lama waktu pencelupan maka semakin tebal hasil lapisan seng (Zn) yg menempel pada spesimen. Ada perbedaan ketebalan lapisan antara titik satu dengan yang lainnya, hal ini disebabkan karena pada proses pencelupan spesimen digantung pada kawat, sehingga spesimen pada bagian yang paling bawah (titik 3) memiliki ketebalan yang paling tinggi.



Gambar 10. Grafik ketebalan lapisan

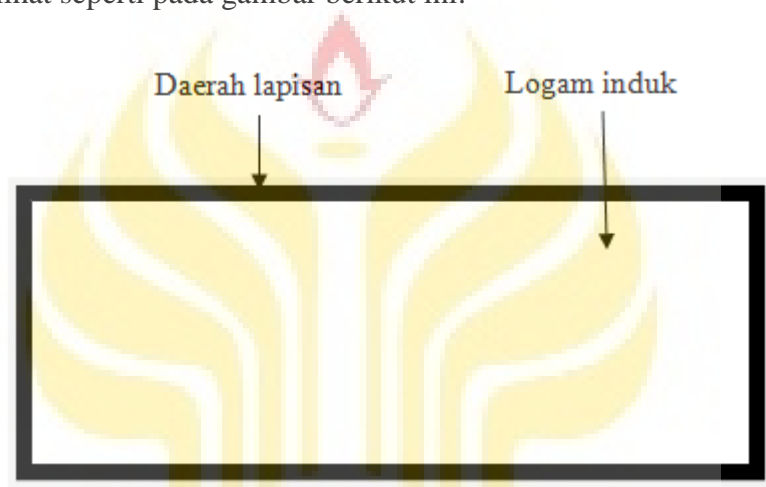
Gambar diatas adalah grafik rata-rata ketebalan lapisan pada setiap spesimen dengan variasi waktu pencelupan 5 menit, 10 menit dan 15 menit pada suhu 450°C . Tingkat ketebalan lapisan rata-rata pada spesimen dengan variasi waktu pelapisan 5 menit dan pada suhu 450°C adalah $192,46\ \mu\text{m}$. Tingkat ketebalan lapisan rata-rata pada spesimen dengan variasi waktu pelapisan 10 menit dan pada suhu 450°C adalah $321,84\ \mu\text{m}$. Tingkat ketebalan lapisan rata-rata pada spesimen dengan variasi waktu pelapisan 15 menit dan pada suhu 450°C adalah $443,78\ \mu\text{m}$.

Tingkat ketebalan rata-rata pada spesimen memiliki peningkatan yang cukup signifikan. Pada waktu pencelupan 10 menit terjadi peningkatan $67,25\%$ dari waktu pencelupan 5 menit. Pada waktu pencelupan 15 menit terjadi peningkatan $37,88\%$ dari waktu pencelupan

10 menit. Pada waktu pencelupan 15 menit terjadi peningkatan 130.58 % dari waktu pencelupan 5 menit.

3. Data hasil pengamatan struktur mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan di laboratorium bahan jurusan D3 Teknik Mesin UGM. Titik daerah pengamatan struktur mikro terlihat seperti pada gambar berikut ini:

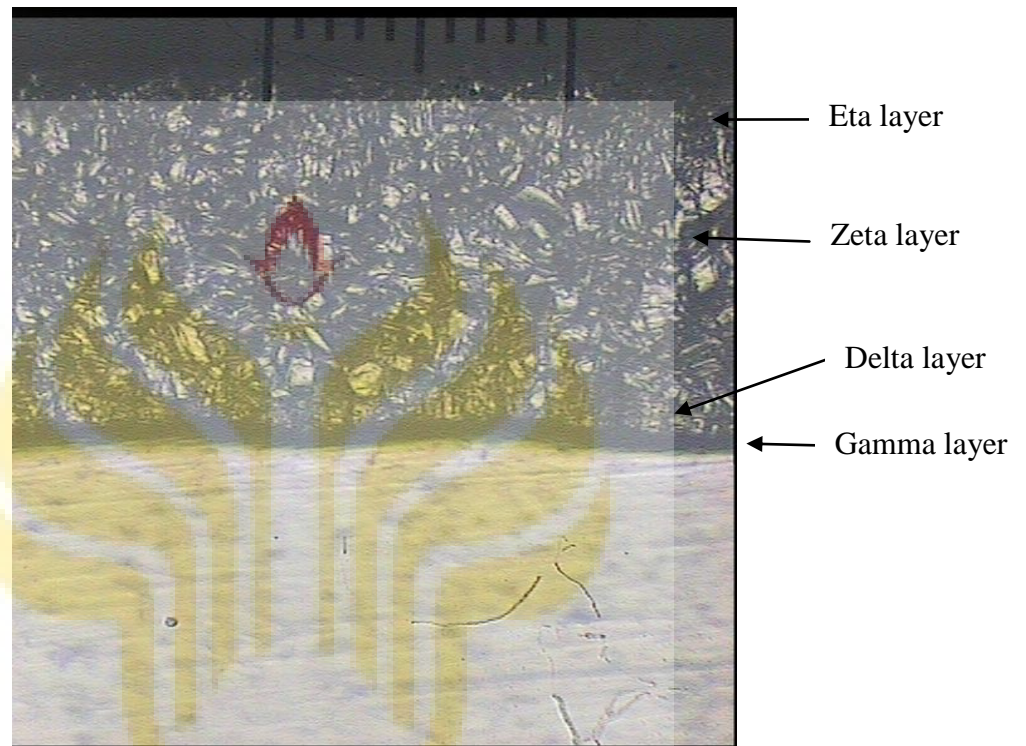


Gambar 11. Daerah pengamatan struktur mikro

Pengamatan struktur mikro digunakan untuk menganalisa struktur maupun ukuran butir di daerah logam induk, daerah lapisan logam dan logam induk tanpa lapisan (*raw materials*) dengan variasi waktu pelapisan 5 menit, 10 menit, 15 menit dan dengan suhu 450 °C. Penurunan suhu atau pendinginan sangat berpengaruh, dimana pendinginan dengan cara *quenching* dengan cara mencelupkan benda kerja kedalam larutan sodium bikromat dengan tujuan agar tidak terbentuk butiran putih yang menempel pada permukaan lapisan sehingga menghasilkan perbedaan butir *pearlite* dan *ferrite*. Pengamatan dalam

penelitian ini menggunakan pembesaran 100 kali. Hasil pengamatannya adalah sebagai berikut:

a. Spesimen pelapisan dengan waktu 5 menit

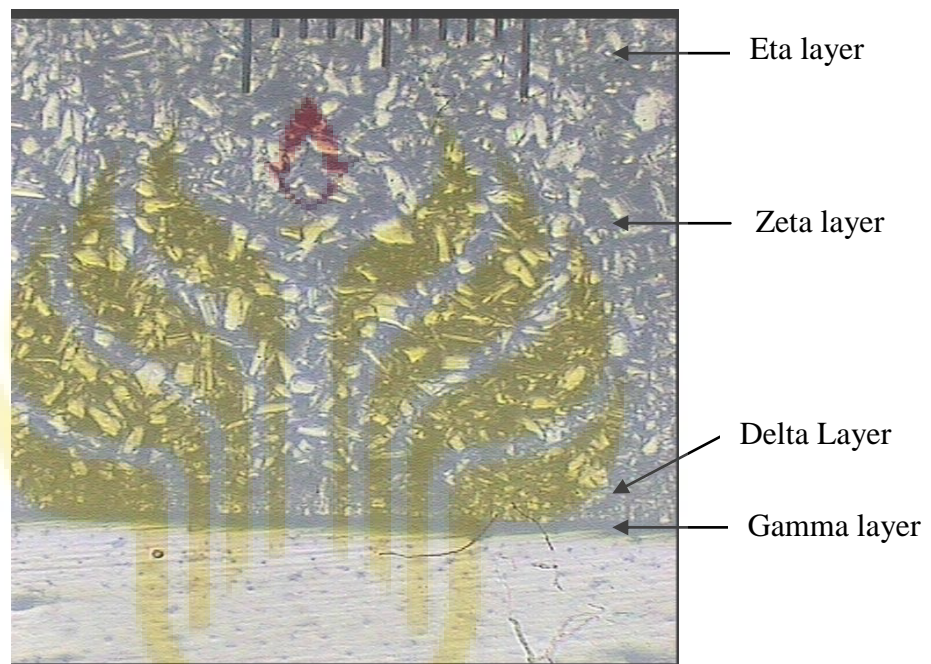


Gambar 13. Struktur mikro spesimen dengan variasi waktu 5 menit dengan pembesaran 100x

Struktur mikro pada gambar di atas menunjukkan hasil pelapisan seng (Zn) pada permukaan baja karbon rendah. Terlihat pada gambar hasil lapisan sengnya tidak merata. Spesimen yang telah mengalami *pre-treatment* dicelupkan kedalam bak yang berisi seng cair dengan waktu 5 menit dan temperatur 450°C sehingga terjadi difusi Zn ke Fe atau sebaliknya dan terbentuklah paduan Fe-Zn secara berlapis (*stratifi*). Paduan Fe-Zn yang terbentuk secara berlapis dari luar adalah eta layer (η), zeta layer (ξ), delta layer (δ) dan gamma layer (Γ). Pada lapisan

gamma tidak merata karena permukaan *raw material* tidak rata. Sedangkan untuk bagian *raw material*-nya tidak terjadi perubahan struktur mikro.

b. Spesimen pelapisan dengan variasi waktu 10 menit

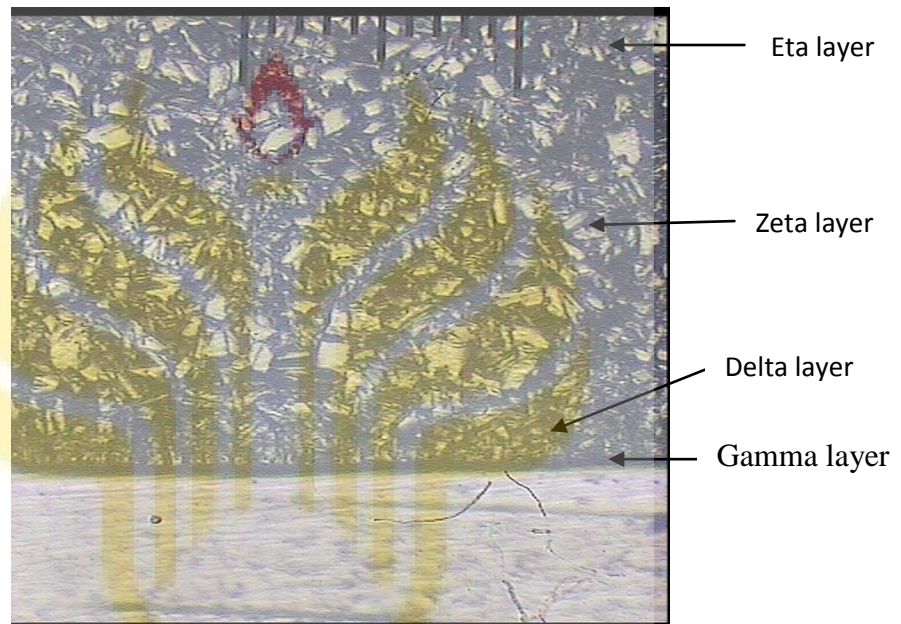


Gambar 14. Struktur mikro spesimen dengan variasi waktu 10 menit dengan pembesaran 100x

Struktur mikro pada gambar di atas menunjukkan hasil pelapisan seng (Zn) pada permukaan baja karbon rendah. Terlihat pada gambar hasil lapisan sengnya tidak merata. Spesimen yang telah mengalami *pre-treatment* dicelupkan kedalam bak yang berisi seng cair dengan waktu 10 menit dan temperatur 450°C sehingga terjadi difusi Zn ke Fe atau sebaliknya dan terbentuklah paduan Fe-Zn secara berlapis (*stratifi*). Paduan Fe-Zn yang terbentuk secara berlapis dari luar adalah eta layer (η), zeta layer (ξ), delta layer (δ) dan gamma layer (Γ). Hasil lapisan

yang terbentuk lebih tebal dari waktu 5 menit. Pada zeta layer merupakan lapisan yang paling tebal dibandingkan lapisan lainnya. Pada lapisan gamma tidak merata karena permukaan *raw material* tidak rata. Bagian *raw material* tidak terjadi perubahan struktur mikro.

c. Spesimen pelapisan dengan variasi waktu 15 menit



Gambar 15. Struktur mikro spesimen dengan variasi waktu 15 menit dengan pembesaran 100x

Struktur mikro pada gambar di atas menunjukkan hasil pelapisan seng (Zn) pada permukaan baja karbon rendah. Terlihat pada gambar hasil lapisan sengnya tidak merata. Spesimen yang telah mengalami *pre-treatment* dicelupkan kedalam bak yang berisi seng cair dengan waktu 15 menit dan temperatur 450°C sehingga terjadi difusi Zn ke Fe atau sebaliknya dan terbentuklah paduan Fe-Zn secara berlapis (*stratifi*). Paduan Fe-Zn yang terbentuk secara berlapis dari luar adalah eta layer (η), zeta layer (ξ), delta layer (δ) dan gamma layer (Γ). Hasil lapisan yang terbentuk lebih tebal dari waktu 10 menit. Pada *zeta layer*

merupakan lapisan yang paling tebal dibandingkan lapisan lainnya. Struktur seng (Zn) pada lapisan ini tampak lebih besar dibandingkan dengan lainnya. Pada lapisan gamma tidak merata karena permukaan *raw material* tidak rata. Bagian *raw material* tidak terjadi perubahan struktur mikro.

B. Pembahasan

Berdasarkan dari data hasil pengukuran ketebalan lapisan dan struktur mikro yang telah dilakukan, ternyata pengaruh variasi waktu proses pelapisan *Hot Dip Galvanizing* pada baja karbon rendah dengan variasi waktu pelapisan 5 menit, 10 menit, 15 menit dan dengan suhu 450°C memberikan hasil ketebalan lapisan dan struktur mikro yang berbeda-beda. Hal ini sesuai dengan teori bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi ketebalan lapisan dan struktur mikro pada proses pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing* antara lain :

1. Waktu atau lamanya proses pelapisan
2. Temperatur logam pelapis
3. Kecepatan pengangkatan

Rincian masing-masing pembahasan tingkat ketebalan lapisan dan struktur mikro adalah sebagai berikut:

- a. Spesimen logam tanpa pelapisan (*raw materials*)

Struktur mikro pada logam tanpa pengelasan (*raw materials*) terdiri dari *ferrite* dan *pearlite*, dimana jumlah butir kristal *ferrite* lebih banyak dibandingkan dengan butir kristal *pearlite*. Butiran kristal *pearlite* adalah bagian yang tampak dengan warna hitam, sedangkan butir kristal *ferrite* adalah bagian yang tampak dengan warna putih.

Dalam diagram Fe-C, jenis baja karbon rendah termasuk jenis baja *hypoeutektoid* karena prosentase unsur pemandu karbonnya tidak melebihi 0,8 %. Dalam diagram tersebut baja *hypoeutektoid* memiliki struktur mikro yang terdiri dari butiran kristal *ferrite* dan *pearlite*. Hal ini sesuai dengan hasil dari penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti bahwa pada logam induk (*raw material*) terdiri dari struktur *pearlite* dan *ferrite*.

b. Spesimen pelapisan dengan variasi waktu 5 menit

Dari hasil pelapisan dengan waktu 5 menit memiliki tingkat ketebalan yang tipis dengan rata-rata tingkat ketebalan lapisannya yaitu 192.46 μm . Pada spesimen ini terlihat bahwa lapisan seng (Zn) tidak melapisi secara merata dan struktur seng (Zn) yang menempel pada baja terbentuk secara *stratifi* (berlapis). Pada bagian *raw material* tidak terjadi perubahan struktur mikro.

Terdapat perbedaan ketebalan lapisan pada spesimen diakibatkan karena pada proses pelapisan spesimen digantung pada kawat dan bagian bawah memiliki tingkat ketebalan yang tinggi.

c. Spesimen pelapisan dengan variasi waktu 10 menit

Dari hasil pelapisan dengan waktu 10 menit memiliki tingkat ketebalan yang lebih tebal dengan rata-rata tingkat ketebalan lapisannya yaitu 321.89 μm . Pada spesimen ini terlihat bahwa lapisan seng (Zn) tidak melapisi secara merata dan struktur seng (Zn) yang menempel pada baja terbentuk secara *stratifi* (berlapis). Pada bagian *raw material* tidak terjadi perubahan struktur mikro.

Semakin lama waktu pencelupan mengakibatkan semakin tebal lapisan seng (Zn) yang menempel dan struktur butir yang terbentuk menjadi semakin besar. Terbukti pada hasil yang telah dilakukan oleh peneliti pada waktu 10 menit lapisan zeta yang terbentuk memiliki butir seng yang lebih besar dibandingkan dengan waktu 5 menit

d. Spesimen pelapisan dengan variasi waktu 15 menit

Dari hasil pengujian menunjukkan pelapisan dengan waktu 15 menit memiliki tingkat ketebalan lapisan yang paling tebal dibandingkan dengan waktu 5 menit dan 10 menit yaitu memiliki ketebalan 443.78 μm . Pada spesimen ini lapisan seng (Zn) yang terbentuk juga tidak melapisi secara merata. Bagian *raw material* tidak terjadi perubahan struktur mikro.

Semakin lama waktu pencelupan mengakibatkan semakin tebal lapisan seng (Zn) yang menempel dan struktur butir yang terbentuk menjadi semakin besar. Terbukti pada hasil yang telah dilakukan oleh peneliti pada waktu 15 menit lapisan zeta yang terbentuk memiliki butir seng yang lebih besar dibandingkan dengan waktu 5 menit dan 10 menit.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Dari proses yang dilakukan dengan variasi waktu pelapisan pada proses *Hot Dip Galvanizing* untuk ketebalan lapisan, pengujian kekerasan, pengujian struktur mikro dan pengujian laju korosi dari baja karbon rendah dapat diambil simpulan sebagai berikut :

1. Variasi waktu pelapisan pada proses *Hot Dip Galvanizing* berpengaruh terhadap perbedaan hasil ketebalan lapisan. Semakin tinggi waktu pelapisan maka ketebalan lapisan akan semakin tebal sampai mencapai waktu optimal 15 menit. Semakin tinggi waktu pelapisan, ketebalan lapisan semakin meningkat/bertambah tebal.
2. Variasi waktu pelapisan pada proses *Hot Dip Galvanizing* berpengaruh terhadap struktur mikro pada logam induk (*raw material*) terdapat struktur ferit dan perlit dalam bentuk butiran kasar dan tersebar merata. Hasil pengujian, struktur mikro pada lapisan seng (Zn) dengan metode pelapisan *Hot Dip Galvanizing* variasi waktu pencelupan 5 menit, 10 menit, 15 menit dan pada suhu 450°C terlihat bahwa lapisan seng (Zn) tidak melapisi secara merata dan terbentuk secara *stratifi* (berlapis). Paduan Fe-Zn yang terbentuk secara berlapis dari luar adalah eta layer (η), zeta layer (ξ), delta layer (δ) dan gamma layer (Γ). Lapisan seng (Zn) tersebut akan terus meningkat tingkat ketebalan dan semakin besar struktur seng (Zn) yang menempel seiring dengan

meningkatnya waktu pencelupan. Pada waktu pencelupan 5 menit, 10 menit, 15 menit dan pada suhu 450 °C tidak terjadi perubahan pada *base metal* (logam induk).

B. Saran

1. Pada penelitian *Hot Dip Galvanizing* selanjutnya sebaiknya dilakukan dengan menggunakan alat yang lebih presisi, seperti menggunakan *heater electric* yang dihubungkan dengan *thermokopel*, sehingga temperatur dapat dijaga tetap konstan.
2. Pada penelitian *Hot Dip Galvanizing* selanjutnya dilakukan uji korosi dan pengujian kekasaran permukaan sehingga dapat memberikan hasil yang lebih teliti.
3. Pada penelitian *Hot Dip Galvanizing* selanjutnya sebaiknya waktu yang digunakan dipersingkat, karena bagi praktisi semakin tebal lapisan maka biaya produksi lebih banyak.
4. Faktor lain juga perlu diperhatikan dalam proses *Hot Dip Galvanizing* yaitu antara lain faktor preparasi proses/*pre-treatment* (*degreasing*, *pickling*, *fluxing* dan *rinsing*), komposisi baja, komposisi larutan seng cair, waktu pencelupan serta laju dan sudut pengangkatan baja dari bak seng terhadap spesimen yang akan dilapisi dengan metode *Hot Dip Galvanizing* agar hasilnya bisa maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Asosiasi Galvanis Indonesia. 1998. *Hot Dip Galvanizing Manual*. Jakarta: Pasmenco
- Association of Australia. 1993. *Hot Dip Galvanizing*. Melbourne : D&D printing
- Desmukh, B. D. dan A. P. Patil. 2012. Optimization of Exposure Tme for Hot Dip Galvanizing and Study of Preflux Bath Additives on The Microstructure of Galvanized Steel. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. Volume 2. Nomor 7: 71-75.
- Fitri, Ediman Ginting dan Pulung Karo Karo. 2013. Komposisi Kimia, Struktur Mikro, Holding Time dan Ketangguhan Sifat Baja Karbon Medium pada Suhu 780 °C. *Jurnal Teori dan Aplikasi Kimia*. Volume 1. Nomor 1: 75-78.
- Gapsari, Femiana M. F, Putu Hadi Setyarini dan Fikrul Akbar Alamsyah. 2012. Pengaruh Kekasaran Permukaan Terhadap Porositas Hasil Hot Dip Galvanizing (HDG). *Jurnal Rekayasa Mesin*. Volume 3. Nomor 1: 283-292
- Permadi, Angga Ramadian dan Budi Agung Kurniawan 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*. Volume 1. Nomor 1: 1-8.
- Smallman, R. E. Dan R. J. Bishop. 2000. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. diterjemahkan oleh Djaprie, S. Jakarta: Erlangga.
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Wiriosumarto, H. dan T. Okumura. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: P.T Pradya Paramita.
- Yetri, Yuli. 2001. Pengaruh Galvanisasi Terhadap Struktur Mikro Batang Baja Karbon Rendah. *Jurnal R dan B*. Volume 1. Nomor 2: 35-39.
- Yulianto, Sulis dan Irvan Aryawidura. 2012. Pengaruh Waktu Tahan Hot Dip Galvanizing terhadap Sifat Mekanik, Tebal Lapisan dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah. *Jurnal Sintek*. Volume 6. Nomor 2: 33-44