

**PENGARUH TEMPERATUR PENCELUPAN TERHADAP  
KEKERASAN, LAJU KOROSI DAN STRUKTUR MIKRO  
PADA BAJA KARBON RENDAH DENGAN PELAPISAN  
METODE *HOT DIP GALVANIZING***

**SKRIPSI**

Diajukan dalam Rangka Penyelesaian Studi Strata 1  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Oleh

Nama : Muhammad Ridluwan  
NIM : 5250403019  
Program Studi : Teknik Mesin SI  
Jurusan : Teknik Mesin

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2007**

## ABSTRAK

Muhammad Ridluwan, 2007. "Pengaruh Temperatur Pencelupan terhadap Kekerasan, Laju Korosi dan Struktur Mikro pada Baja Karbon Rendah dengan Pelapisan Metode *Hot Dip Galvanizing*".

Penggunaan baja sebagai komponen permesinan atau konstruksi sering kali mengalami kerusakan sebelum waktu yang diperhitungkan yang disebabkan oleh korosi. Proses pengendalian korosi merupakan upaya untuk memperpanjang umur suatu logam yang dapat dilakukan dengan melakukan pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing*. Permasalahan pada penelitian ini adalah pengaruh temperatur pencelupan pada kekerasan, laju korosi dan struktur mikro pada baja karbon rendah dengan pelapisan metode *Hot Dip Galvanizing*.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur pencelupan terhadap tebal lapisan, kekerasan, laju korosi dan struktur mikro pada baja karbon rendah dengan pelapisan metode *Hot Dip Galvanizing*. Manfaat dilakukannya penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh temperatur pencelupan terhadap tebal lapisan, kekerasan, laju korosi dan struktur mikro pada baja karbon rendah dengan pelapisan metode *Hot Dip Galvanizing*.

Penelitian ini menggunakan baja karbon rendah yang di *Hot Dip Galvanizing* dengan variasi temperatur 440<sup>0</sup> C, 450<sup>0</sup> C dan 460<sup>0</sup> C lalu diuji kekerasan, laju korosi, tebal lapisan dan struktur mikro.

Hasil penelitian terhadap tebal lapisan Zn pada suhu pencelupan 440<sup>0</sup> C, 450<sup>0</sup> C dan 460<sup>0</sup> C sebesar: 65,33  $\mu\text{m}$ , 79,20  $\mu\text{m}$  dan 82,71  $\mu\text{m}$ . Sedangkan nilai kekerasan lapisan Zn variasi suhu 440<sup>0</sup> C dan 450<sup>0</sup> C sebesar 196,03 VHN dan mengalami kenaikan 8,53% pada suhu 460<sup>0</sup> C, hal ini dikarenakan pada lapisan Zn terbentuk ikatan metalurgi yang kuat yang tersusun berlapis-lapis. Laju korosi baja yang tidak digalvanizing selama 10 hari pengujian dengan konsentrasi 8% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yaitu 12,11806.10<sup>-5</sup> gr/menit, pada 10% sebesar 15,05764 gr/menit dan 16,75486 gr/menit pada konsentrasi 12%, kenaikan ini dikarenakan jumlah zat-zat korosif bertambah banyak sehingga proses pengikisan menjadi semakin besar, pada pengujian 12% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> selama 4 hari menunjukkan suhu 440<sup>0</sup> C memiliki laju korosi terkecil sebesar 20,23785.10<sup>-5</sup> gr/menit sedangkan pada 10 hari yaitu suhu 450<sup>0</sup> C sebesar 8,79236.10<sup>-5</sup> gr/menit. Hasil struktur mikro menunjukkan susunan struktur lapisan Zn dengan baja yang terbentuk yaitu lapisan Eta, Zeta, Delta dan Gamma semakin baik dan merata.

Kesimpulan dari penelitian di atas adalah tebal lapisan Zn yang paling besar yaitu galvanizing suhu 460<sup>0</sup> C. Nilai kekerasan lapisan Zn yang paling tinggi yaitu galvanizing suhu 460<sup>0</sup> C yang naik 24,02% dari logam dasarnya. Laju korosi baja yang tidak digalvanizing yang paling tinggi yaitu pada konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 12% selama 10 hari yang naik 38,26% dibandingkan 8%, sedangkan galvanizing suhu 440<sup>0</sup> C memiliki laju korosi yang paling kecil pada 4 hari pengujian dan 450<sup>0</sup> C pada 10 hari. Kenaikan temperatur pencelupan akan menyebabkan pembentukan susunan struktur mikro lapisan Zn akan semakin baik dan merata.

*Kata kunci : temperatur, kekerasan, laju korosi, struktur mikro, baja karbon rendah dan Hot Dip Galvanizing*

## LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi, 2007. “Pengaruh Temperatur Pencelupan Terhadap Kekerasan, Laju Korosi dan Struktur Mikro pada Baja Karbon Rendah dengan Pelapisan Metode *Hot Dip Galvanizing*”.

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji, pada tanggal :

### Panitia Ujian Skripsi

Ketua

Sekretaris

**Drs. Suprpto, M.Pd**

NIP. 131125645

Pembimbing I

**Basyirun, S.Pd, MT**

NIP. 132094389

Anggota Penguji:

**Dr. Ir. Victor Malau, DEA**

NIP. 131628655

Pembimbing II

1. **Dr. Ir. Victor Malau, DEA**

NIP. 131628655

2. **Hadromi, S.Pd, MT**

NIP. 132093201

**Hadromi, S.Pd, MT**

NIP. 132093201

3. **Samsudin Anis, ST, MT**

NIP. 132303194

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik

**Prof. Dr. Soesanto**

NIP. 130875753

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO

- ❖ Siapa saja yang pergi menuntut ilmu maka ia berada di jalan Allah SWT hingga ia kembali (HR. Tirmidzi)
- ❖ Siapa yang dikehendaki baik oleh Allah SWT maka dia akan membuat faqih dalam agama. Dan ilmu itu hanya dapat diraih dengan belajar (HR. Bukhori)
- ❖ Sesungguhnya tiap kesukaran pasti ada jalan keluarnya, maka apabila telah selesai suatu urusan kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain (QS. Al Insyiroh: 6)
- ❖ Mulailah pekerjaan dengan ikhlas sehingga pada akhirnya akan menuai dan mendapat lebih dari sekedar imbalan

### PERSEMBAHAN

- ❖ Kedua orang tuaku, **Bapak Ahmad Syafawi** dan **Ibu Khotijah** yang telah membesarkanku dengan penuh cinta dan kasih sayang
- ❖ Kakakku **Abdurrahman** dan **Khusnul Khotimah** serta keponakanku **Rafli Raihan Arkani**
- ❖ Adikku **Fatmahwati** yang selalu ku sayangi
- ❖ Penghuni Al Muhandis dan Pesma Qolbun Salim
- ❖ Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2003
- ❖ Almamaterku Teknik Mesin UNNES

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Robbil 'alamiin, syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan taufiq-Nya, sehingga penulis masih diberi kemudahan dan kekuatan untuk menyelesaikan skripsi ini yang berjudul "Pengaruh Temperatur Pencelupan Terhadap Kekerasan, Laju Korosi dan Struktur Mikro pada Baja Karbon Rendah dengan Pelapisan Metode *Hot Dip Galvanizing*".

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, pengarahan, saran, bantuan dan dorongan dari berbagai pihak, penelitian ini tidak akan terlaksana dengan baik dan lancar. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih dengan ketulusan dan kerendahan hati kepada semua pihak yang telah membantu penulis terutama kepada :

1. Bapak Dr. Sudijono Sastroatmodjo, M.Si, Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Bapak Prof. Dr. Soesanto, Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Bapak Drs. Pramono, Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.
4. Bapak Dr. Ir. Victor Malau, DEA, Dosen Pembimbing I atas bimbingan dan arahan yang telah diberikan.
5. Bapak Hadromi, S.Pd, MT, Dosen Pembimbing II atas bimbingan dan arahan yang telah diberikan.

6. Instruktur Laboratorium Konstruksi dan Material Balai Latihan Kerja dan Industri Kota Semarang yang telah membantu dalam pembuatan spesimen.
7. Pimpinan dan seluruh karyawan Industri Pelapisan "PT Cerah Sempurna" Tugu Semarang, atas bantuan dan kerjasamanya.
8. Instruktur Laboratorium Material Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta yang telah membantu dalam proses pengujian spesimen.
9. Semua pihak yang telah memberikan bantuan baik langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian tugas skripsi ini yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari sempurna, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca untuk perbaikan penulis dimasa yang akan datang. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, September 2007

Penyusun

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>BAB I    PENDAHULUAN</b>	
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Permasalahan .....	3
1.3    Penegasan Istilah .....	4
1.4    Tujuan Penelitian .....	6
1.5    Manfaat Penelitian .....	6
1.6    Sistematika Penulisan Skripsi .....	7
<b>BAB II    LANDASAN TEORI</b>	
2.1 <i>Hot Dip Galvanizing</i> .....	9
2.2.1    Pengertian <i>Hot Dip Galvanizing</i> .....	9
2.2.2    Proses Pelapisan <i>Hot Dip Galvanizing</i> .....	10

2.2.3	Metalurgi <i>Hot Dip Galvanizing</i> .....	16
2.2.4	Temperatur <i>Galvanizing</i> .....	17
2.2.5	Seng ( <i>Zinc</i> ) .....	17
2.2	Baja .....	20
2.2.1	Baja Karbon Rendah .....	20
2.2.2	Cacat dalam Struktur Logam .....	24
2.3	Korosi .....	26
2.4	Pengujian Komposisi .....	32
2.5	Pengujian Kekerasan .....	32
2.6	Pengujian Struktur Mikro .....	35
2.7	Pengujian Laju Korosi .....	36
2.8	Kerangka Berfikir .....	37
2.9	Pertanyaan Penelitian .....	38

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1	Pendekatan Penelitian .....	39
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian .....	39
3.3	Alat dan Bahan Penelitian .....	39
3.4	Variabel Penelitian .....	40
3.5	Proses Pembuatan Spesimen .....	41
3.6	Proses Pelapisan .....	42
3.7	Langkah-langkah Pengujian .....	44
3.7.1	Pengujian Komposisi .....	44
3.7.2	Pengukuran Tebal Lapisan .....	44



3.7.3	Pengujian Struktur Mikro .....	45
3.7.4	Pengujian Kekerasan .....	47
3.7.5	Pengujian Laju Korosi .....	48
3.8	Teknik Analisis Data .....	51
3.9	Diagram Alur Penelitian .....	52
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN</b>	
4.1	Pengujian Komposisi .....	53
4.2	Pengukuran Tebal Lapisan .....	54
4.3	Pengujian Kekerasan .....	56
4.4	Pengujian Laju Korosi .....	58
4.5	Pengujian Struktur Mikro .....	67
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP</b>	
5.1	Simpulan .....	71
5.2	Saran .....	72
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	73
<b>LAMPIRAN</b>	.....	74

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Skema proses <i>Hot Dip Galvanizing</i> .....	15
Gambar 2. Lapisan <i>Galvanizing</i> .....	16
Gambar 3. Pengaruh lingkungan dan ketebalan terhadap umur lapisan seng .....	19
Gambar 4. Pengaruh kandungan karbon pada kekuatan dan keuletan baja .....	21
Gambar 5. Kurva pendinginan untuk pembekuan sebuah logam murni ....	22
Gambar 6. Pertumbuhan dendritik dan pembekuan .....	23
Gambar 7. Jenis dislokasi dalam kisi kristal .....	25
Gambar 8. Korosi sumuran .....	29
Gambar 9. Korosi arus liar .....	29
Gambar 10. Korosi celah .....	30
Gambar 11. Korosi galvanik .....	29
Gambar 12. Korosi batas butir .....	31
Gambar 13. Korosi transkristalin .....	32
Gambar 14. Skema indentor <i>Vickers</i> .....	34
Gambar 15. Gambar spesimen .....	41
Gambar 16. Urutan proses pelapisan di PT Cerah Sempurna .....	43
Gambar 17. Urutan pengukuran tebal lapisan .....	45
Gambar 18. Alat pengukur ketebalan lapisan .....	45
Gambar 19. Alat uji struktur mikro .....	46

Gambar 20. Alat uji kekerasan <i>Vickers</i> .....	47
Gambar 21. Timbangan digital .....	49
Gambar 22. Mekanisme pengujian laju korosi .....	50
Gambar 23. Diagram alur penelitian .....	52
Gambar 24. Pengaruh temperatur pencelupan terhadap tebal lapisan .....	55
Gambar 25. Pengaruh temperatur pencelupan terhadap nilai kekerasan <i>Vickers</i> .....	57
Gambar 26. Pengaruh konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> terhadap laju korosi baja yang tidak digalvanizing .....	59
Gambar 27. Pengaruh temperatur pencelupan terhadap laju korosi selama 4 hari .....	61
Gambar 28. Pengaruh temperatur pencelupan terhadap laju korosi selama 10 hari .....	63
Gambar 29. Pengaruh lama pencelupan terhadap laju korosi pada variasi pencelupan 440 <sup>0</sup> C .....	65
Gambar 30. Struktur mikro spesimen <i>raw material</i> sebelum digalvanizing .....	67
Gambar 31. Struktur mikro lapisan Zn variasi temperatur pencelupan 440 <sup>0</sup> C .....	67
Gambar 32. Struktur mikro lapisan Zn variasi temperatur pencelupan 450 <sup>0</sup> C .....	68
Gambar 33. Struktur mikro lapisan Zn variasi temperatur pencelupan 460 <sup>0</sup> C .....	68

Gambar 34. Struktur mikro lapisan Zn dan baja hasil proses *Hot Dip*

*Galvanizing* ..... 69

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Tingkat potensial logam .....	9
Tabel 2. Pengujian kekerasan .....	48
Tabel 3. Pengujian laju korosi .....	51
Tabel 4. Hasil uji komposisi .....	53
Tabel 5. Hasil pengukuran tebal lapisan .....	54
Tabel 6. Hasil pengujian kekerasan <i>Vickers</i> .....	56
Tabel 7. Hasil pengujian laju korosi .....	58

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Hasil uji komposisi .....	74
Lampiran 2. Hasil uji kekerasan <i>Vickers</i> .....	75
Lampiran 3. Penghitungan kekerasan <i>Vickers</i> .....	76
Lampiran 4. Penghitungan laju korosi .....	79
Lampiran 5. Surat penetapan dosen pembimbing .....	84
Lampiran 6. Surat ijin pengujian bahan di Laboratorium Bahan UGM .....	85
Lampiran 7. Surat ijin pengujian laju korosi di Laboratorium Kimia UNNES .....	86
Lampiran 8. Surat keterangan penelitian di PT Cerah Sempurna .....	87
Lampiran 9. Hasil Uji Laju Korosi .....	88
Lampiran 10. Surat Keterangan Penelitian di Laboratorium Kimia UNNES .....	89

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Industri pelapisan logam di dunia pada umumnya dan di Indonesia pada khususnya pada masa sekarang ini telah menjadi salah satu bidang pekerjaan yang mengalami perkembangan dan kemajuan yang sangat pesat mulai dari jenis-jenis pelapisan yang digunakan, bahan pelapis yang digunakan hingga hasil lapisan yang juga bermacam-macam. Ketersediaan material logam yang mempunyai kekuatan sangat dibutuhkan untuk menjadi bahan dasar dari suatu komponen pelapisan, padahal kebutuhan industri pelapisan menuntut ketersediaan material yang tidak hanya memiliki kekuatan tetapi juga tahan terhadap korosi, tahan aus, konduktifitas listrik yang baik, keindahan penampilan suatu permukaan serta yang tidak kalah penting yaitu mempunyai nilai ekonomis yang tinggi.

Peran akademis dan praktisi dibidang teknik mesin dituntut usaha dan perannya dalam upaya memecahkan dan mencari solusi dari berbagai permasalahan yang timbul tersebut.

Bidang pelapisan logam awalnya dimulai dengan adanya penelitian yang menggunakan material yang berkualitas sedang (harga yang lebih murah) yang mendapatkan perlakuan khusus pada permukaannya (*surface treatment*) sehingga permukaan bahan tersebut memiliki sifat-sifat fisis dan mekanis yang lebih baik dari bahan dasarnya, bahkan dapat lebih baik dari bahan yang berkualitas tinggi. Sifat-sifat permukaan suatu bahan dapat diperoleh dengan berbagai cara, yaitu dengan cara transformasi struktural, termokimia dengan difusi, konversi dan

pelapisan (*coating*). Sifat-sifat permukaan yang baik dapat diperoleh dengan cara pelapisan, karena cara ini memiliki beberapa kelebihan yaitu mudah dilakukan, diperoleh hasil yang baik dan murah dalam ongkos produksinya.

Pelapisan dengan metode *Galvanizing* merupakan jenis pelapisan logam yang telah berkembang lebih dari 250 tahun. Pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing* menggunakan logam *zinc* (Zn) sebagai logam pelapisnya. Metode ini banyak digunakan karena adanya sifat khusus logam *zinc* (seng) yang tidak dimiliki oleh logam lainnya, yaitu mudah dibentuk, kekuatan yang tinggi, ringan, memiliki nilai estetika yang tinggi, murah dan yang terpenting yaitu tahan terhadap korosi. Pelapisan jenis ini banyak diaplikasikan pada rangka-rangka tower listrik, jembatan, bangunan, dan pipa-pipa di dalam industri.

Korosi merupakan proses degradasi atau perusakan dimensi dan kekuatan suatu material yang disebabkan karena adanya reaksi dengan lingkungannya. Proses pengendalian korosi merupakan suatu upaya yang bertujuan untuk memperpanjang umur suatu logam. Salah satu upaya pengendalian korosi dapat dilakukan dengan cara pelapisan logam, cara yang umum digunakan yaitu dengan pelapisan metode *Hot Dip Galvanizing*. Pelapisan model ini banyak digunakan karena relatif lebih mudah dalam mengontrol kualitas pelapisannya, tahan lama dan tahan terhadap benturan (Rahmat Supardi, 1997: 1).

Pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing* merupakan proses pelapisan yang dilakukan dengan cara mencelupkan logam dasar ke dalam larutan cair. Proses pelapisan ini menggunakan logam pelapis berupa seng, dimana seng dapat mencair pada suhu  $419,47^{\circ}\text{C}$ . Pelapisan ini secara garis besar memerlukan tiga



tahap pengerjaan yaitu tahap persiapan awal (*pre treatment*), tahap pelapisan (*galvanizing*) dan tahap penyelesaian atau pendinginan (Henkel, 2002: 37).

Tahap pelapisan dilakukan dengan mencelupkan logam dasar ke dalam larutan seng cair pada suhu  $440^{\circ}\text{C} - 480^{\circ}\text{C}$  (Sulistyo, 1997: 4). Hasil dari pelapisan dipengaruhi oleh temperatur cairan dan lamanya pencelupan. Temperatur pencelupan yang rendah menyebabkan hasil lapisan menjadi tebal karena kekentalan masih tinggi, kenaikan temperatur menyebabkan kekentalan menurun sehingga hasil lapisan tebal juga. Lama pencelupan yang cepat menghasilkan hasil lapisan kurang bagus, namun jika terlalu lama akan diperoleh hasil lapisan yang tebal dan cenderung kusam. Proses pencelupan yang sesuai akan menghasilkan ketebalan yang sesuai pula sehingga memiliki daya tahan terhadap korosi yang baik.

Berdasarkan uraian di atas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang sifat kekerasan, laju korosi dan struktur mikro pada baja karbon rendah, dan penulis mengambil judul “Pengaruh Temperatur Pencelupan Terhadap Kekerasan, Laju Korosi dan Struktur Mikro pada Baja Karbon Rendah dengan Pelapisan Metode *Hot Dip Galvanizing*”.

## 1.2 Permasalahan

Permasalahan yang hendak diteliti dalam penelitian ini yaitu:

1. Adakah pengaruh temperatur pencelupan terhadap tebal lapisan Zn pada baja karbon rendah dengan pelapisan metode *Hot Dip Galvanizing*.
2. Adakah pengaruh temperatur pencelupan terhadap kekerasan pada baja karbon rendah dengan pelapisan metode *Hot Dip Galvanizing*.

3. Adakah pengaruh temperatur pencelupan terhadap laju korosi pada baja karbon rendah dengan pelapisan metode *Hot Dip Galvanizing*.
4. Adakah pengaruh temperatur pencelupan terhadap struktur mikro pada baja karbon rendah dengan pelapisan metode *Hot Dip Galvanizing*.

### **1.3 Penegasan Istilah**

#### **1. Pengaruh**

Pengaruh berarti daya yang ada atau timbul dari "sesuatu" (orang atau benda) yang ikut membentuk watak, kepercayaan atau perbuatan seseorang (Depdikbud, 1998: 731). Sesuatu yang dimaksud dalam penelitian ini adalah hal yang menciptakan hubungan antara temperatur pencelupan dengan kekerasan, laju korosi dan struktur mikro baja karbon rendah dengan pelapisan metode *Hot Dip Galvanizing*. Maka dapat diambil kesimpulan bahwa pengaruh yang dimaksud adalah daya yang ada atau timbul dari temperatur pencelupan.

#### **2. Temperatur pencelupan**

Temperatur adalah ukuran kuantitatif terhadap rasa panas atau dingin (Save, 2005: 156). Temperatur pencelupan merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi hasil pelapisan, karena semakin tinggi temperaturnya maka akan meningkatkan reaktifitas larutan sehingga berakibat lapisan menjadi tebal.

#### **3. Kekerasan**

Kekerasan suatu logam merupakan ketahanan atau kemampuan suatu logam terhadap penetrasi dalam memberikan suatu indikasi yang cepat mengenai

perilaku *deformasi plastis*. Kekerasan dapat dihubungkan dengan kekuatan luluh atau kekuatan tarik logam karena sewaktu identasi, material di sekitar lekukan mengalami *deformasi plastis* hingga mencapai regangan tertentu (Tata Surdia, 2000: 31).

#### 4. Laju korosi

Korosi adalah proses perusakan, penyusutan ataupun pengikisan terhadap suatu material yang disebabkan karena adanya reaksi dengan lingkungannya yang biasanya diasosiasikan ke material berbahan logam (Fontana, 1984: 2).

Save M Dagun (2005: 98) mendefinisikan korosi sebagai berikut:

- a. Pengikisan atau pelapukan karena karat/peristiwa kimia.
- b. Proses elektro-kimia yang menyebabkan logam/bahan keramik berubah ke bentuk oksidanya.
- c. Erosi kimia oleh oksigen di udara yang menimbulkan batuan yang mengandung besi karat.

#### 5. Struktur mikro

Struktur mikro adalah struktur terkecil yang terdapat dalam suatu bahan yang keberadaannya tidak dapat dilihat dengan mata telanjang tetapi harus menggunakan alat pengamat struktur mikro diantaranya: mikroskop cahaya, mikroskop *electron*, mikroskop *field ion*, mikroskop *field emission* dan mikroskop sinar-X.

#### 6. Baja karbon rendah

Baja merupakan paduan yang terdiri dari unsur besi (Fe) dan karbon (C) dengan sedikit unsur Si, P, Mn, S dan Cu. Baja karbon rendah merupakan

baja yang memiliki kandungan karbon kurang dari 0,30% (Wiryosumarto, 2000: 89).

#### 7. *Hot Dip Galvanizing*

*Hot Dip Galvanizing* adalah suatu proses pelapisan dimana logam pelapisnya dipanaskan hingga mencair, kemudian logam yang akan dilapisi yang juga disebut logam dasar (*base material*) dicelupkan ke dalam bak *galvaniz* yang telah berisi seng cair tadi kemudian dalam beberapa saat logam tersebut akan terlapisi oleh lapisan seng.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui pengaruh temperatur pencelupan *Hot Dip Galvanize* terhadap tebal lapisan Zn pada baja karbon rendah.
2. Mengetahui pengaruh temperatur pencelupan *Hot Dip Galvanize* terhadap kekerasan pada baja karbon rendah.
3. Mengetahui pengaruh temperatur pencelupan *Hot Dip Galvanize* terhadap laju korosi pada baja karbon rendah.
4. Mengetahui pengaruh temperatur pencelupan *Hot Dip Galvanize* terhadap struktur mikro lapisan Zn pada baja karbon rendah.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi perkembangan ilmu dan masyarakat diantaranya adalah :

1. Dapat mengetahui pengaruh temperatur pencelupan terhadap tebal lapisan, kekerasan, laju korosi dan struktur mikro pada baja karbon rendah dengan pelapisan metode *Hot Dip Galvanizing*.
2. Sebagai informasi penting bagi dunia industri khususnya dalam industri pelapisan logam.
3. Memberikan sumbangan pemikiran pada almamater khususnya jurusan teknik mesin dan dunia industri mengenai proses pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing* dengan variasi temperatur pencelupan.
4. Sebagai literatur pada penelitian yang sejenis dalam rangka pengembangan teknologi khususnya bidang pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing*..

## **1.6 Sistematika Penulisan Skripsi**

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri atas tiga bagian, yaitu:

1. Bagian Depan

Bagian depan skripsi berisi:

Halaman Judul, Abstrak, Lembar Pengesahan, Motto dan Persembahan, Kata Pengantar, Daftar Isi, Daftar Gambar, Daftar Tabel dan Daftar Lampiran.

2. Bagian Isi

Bagian isi terdiri dari lima bab, yaitu:

Bab I   Pendahuluan

Pendahuluan berisi: Latar Belakang, Permasalahan, Penegasan Istilah, Tujuan dan Manfaat Penelitian serta Sistematika Penulisan Skripsi.

## Bab II Landasan Teori dan Hipotesis

Sebagai telaah kepustakaan dan acuan dalam penelitian. Landasan Teori berisi teori-teori tentang Pelapisan Metode *Hot Dip Galvanizing*, Baja, Pengujian Penelitian, Kerangka Berfikir dan Hipotesis.

## Bab III Metode Penelitian

Metode penelitian berisi Pendekatan Penelitian, Tempat dan Waktu Penelitian, Alat dan Bahan Penelitian, Variabel Penelitian, Langkah-langkah Penelitian dan Pengujian serta Alur Penelitian.

## Bab IV Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil Penelitian dan Pembahasan berisi tentang Data Hasil Penelitian dan Analisis Teoritis pengaruh temperatur pencelupan terhadap kekerasan, laju korosi dan struktur mikro beserta Pembahasannya.

## Bab V Penutup

Penutup terdiri dari Simpulan dan Saran. Simpulan berisi rangkaian hasil penelitian yang ditarik dari analisis data, sedangkan Saran berisi tentang perbaikan dan tindak lanjut yang berkaitan dengan penelitian yang telah dilaksanakan.

### 3. Bagian Akhir

Bagian Akhir terdiri dari Daftar Pustaka dan Lampiran.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 *Hot Dip Galvanizing*

##### 2.2.1 Pengertian *Hot Dip Galvanizing*

Pelapisan secara *Hot Dip Galvanizing* (pelapisan secara celup panas) adalah suatu proses pelapisan dimana logam pelapisnya dipanaskan terlebih dahulu hingga mencair, kemudian logam yang akan dilapisi yang biasa disebut logam dasar dicelupkan ke dalam bak *galvaniz* yang telah berisi seng cair tadi, sehingga dalam beberapa saat logam tersebut akan terlapisi oleh lapisan berupa lapisan paduan antara logam pelapis (seng) dengan logam dasar dalam bentuk ikatan metalurgi yang kuat dan tersusun secara berlapis-lapis yang disebut fasa.

Tabel 1. Deret Galvanik

No	Jenis Logam	Potensial korosi bebas (V)
1	Magnesium	-1,60
2	Seng	-1,00
3	Paduan alumunium	-1,00 hingga -0,85
4	Cadmium	-0,75
5	Baja paduan rendah	-0,70
6	Timah	-0,33
7	Tembaga	-0,30
8	Timbal	-0,20
9	Perak	-0,12

Pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing* sering juga disebut dengan proses pelapisan logam dengan logam lain yang lebih anodik sesuai dengan deret galvanik seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa magnesium, seng, alumunium dan cadmium merupakan logam dalam kelompok anodik (logam berpotensi rendah) yang

biasa digunakan sebagai logam pelapis. Magnesium dalam keadaan normal bersifat lebih reaktif dan lebih mudah terkonsumsi, seng memiliki sifat mudah dibentuk, memiliki kekuatan yang tinggi, ringan, memiliki nilai estetika yang tinggi, murah dan tahan terhadap korosi, aluminium biasanya akan membentuk oksida pelapis dan efektifitas pelapisannya sangat terbatas sedangkan cadmium sebenarnya mempunyai sifat yang hampir sama dengan seng tetapi penerapannya masih sangat terbatas apalagi ditinjau dari segi ekonomisnya.

### **2.2.2 Proses pelapisan *Hot Dip Galvanizing***

Proses pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing* dapat dibagi menjadi tiga tahap proses, yaitu:

#### 1. Tahap persiapan (*pre treatment*)

Tahap persiapan berfungsi untuk menghilangkan asam atau basa yang merupakan bahan pengotor yang menempel pada spesimen, hal ini dimaksudkan agar diperoleh kondisi permukaan yang bersih dan diperoleh hasil lapisan yang baik.

Proses pembersihan permukaan yang akan dilapisi dapat dilakukan sesuai dengan jenis pengotor yang menempel pada permukaan spesimen, namun proses pembersihan ini dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu:

#### a. Proses pembersihan secara fisik (mekanik)

Pembersihan secara fisik dapat berupa pengamplasan dengan menggunakan mesin gerinda, yang meliputi menghaluskan permukaan yang tidak rata dan penghilangan goresan-goresan serta beram-beram yang menempel pada permukaan spesimen.



b. Proses pembersihan secara kimiawi

Proses pembersihan secara kimiawi merupakan proses pembersihan pengotor yang menempel pada permukaan spesimen dengan menggunakan bahan-bahan kimia. Proses pembersihan ini meliputi:

(1) *Degreasing*

Proses *degreasing* merupakan proses yang bertujuan untuk menghilangkan kotoran, minyak, lemak, cat dan kotoran padat lainnya yang menempel pada permukaan spesimen. Proses pembersihan dilakukan dengan menggunakan larutan NaOH (soda kaustik) dengan konsentrasi 5% – 10% pada suhu 70<sup>0</sup> C – 90<sup>0</sup> C selama kurang lebih 10 menit.

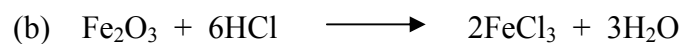
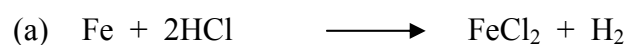
(2) *Rinsing I*

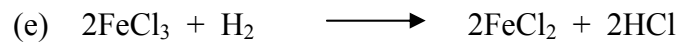
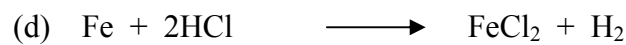
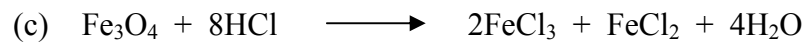
Proses *rinsing I* bertujuan untuk membersihkan soda kaustik pada proses *degreasing* yang masih menempel pada permukaan spesimen dalam dengan menggunakan air bersih pada temperatur kamar.

(3) *Pickling*

Proses *pickling* bertujuan untuk menghilangkan karat yang melekat pada permukaan spesimen dengan cara dicelupkan ke dalam larutan HCl (asam klorida) atau larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (asam sulfat) dengan konsentrasi 10% – 15% selama 15 – 20 menit.

Selama proses *pickling* terjadi reaksi sebagai berikut:





Proses *pickling* ditunjukkan pada reaksi (1), (2) dan (3) sedangkan reaksi (4), (5) dan (6) merupakan proses *over pickling* (proses *pickling* yang berlebihan). Gas  $\text{H}_2$  yang terbentuk pada reaksi ke-(4) akan menghasilkan lapisan yang melepuh. Proses *pickling* yang terlalu cepat akan menyebabkan proses pembersihan kurang maksimal, sehingga akan berpengaruh pada hasil pelapisan.

#### (4) *Rinsing* II

Proses *rinsing* II bertujuan untuk membersihkan larutan HCl atau  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yang menempel pada spesimen saat proses *pickling* dengan menggunakan air bersih pada temperatur kamar.

#### (5) *Fluxing*

Proses *fluxing* merupakan proses pelapisan awal dengan menggunakan *Zinc Amonium Chloride* (ZAC) dengan konsentrasi 20% – 30% selama 5 – 8 menit.

Proses *fluxing* dilakukan dengan tujuan:

- (a) Sebagai lapisan dasar untuk memperkuat lapisan seng pada saat dilakukan proses pelapisan.
- (b) Sebagai katalisator reaksi terjadinya pelapisan Fe-Zn.

(c) Untuk menghindari terjadinya proses oksidasi sebelum proses *galvanizing* dilakukan.

Proses *fluxing* berlangsung pada temperatur  $60^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$ , hal ini dimaksudkan agar perpindahan panas pada spesimen berlangsung secara perlahan dan bertahap sehingga dapat menghindari terjadinya deformasi plastis yang dapat mengganggu proses pelekatan seng pada benda kerja saat proses *galvanizing* berlangsung.

(6) *Drying*

Proses *drying* merupakan proses pengeringan dan pemanasan awal dengan menggunakan gas panas yang suhunya kurang lebih  $150^{\circ}\text{C}$ , tujuannya untuk menghilangkan cairan yang mungkin terdapat pada permukaan spesimen yang dapat menyebabkan terjadinya ledakan uap saat proses *galvanizing* berlangsung.

2. Tahap pencelupan (*galvanizing*)

Spesimen yang telah mengalami tahap persiapan (*pre treatment*) dan telah bersih dari segala pengotor kemudian langkah berikutnya yaitu dilakukan proses pencelupan (*galvanizing*). Selama proses *galvanizing* berlangsung, cairan seng akan melapisi baja dengan membentuk lapisan baja seng kemudian barulah terbentuk lapisan yang sepenuhnya berupa unsur seng pada permukaan terluar baja, larutan yang digunakan minimal adalah 98 % murni unsur seng.

Tahap pencelupan dilakukan selama kurang lebih 1,5 menit pada suhu  $440^{\circ}\text{C} - 460^{\circ}\text{C}$ . Ketebalan lapisan seng pada pelapisan dengan metode *Hot Dip*

*Galvanizing* dipengaruhi oleh kondisi permukaan, lamanya pencelupan dan temperatur pencelupan.

3. Tahap pendinginan dan tahap akhir

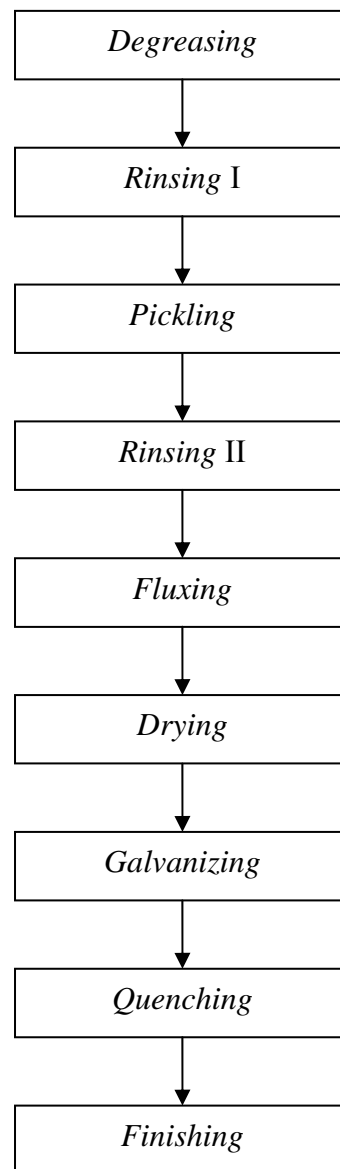
a. Tahap pendinginan (*quenching*)

Tahap pendinginan dilakukan dengan mencelupkan spesimen ke dalam larutan *sodium cromate* dengan konsentrasi 0,015% pada suhu kamar ataupun dengan menggunakan air. Proses ini bertujuan untuk mencegah terjadinya *white rust*.

b. Tahap akhir (*finishing*)

Bagian akhir dari proses pelapisan berupa menghaluskan permukaan yang runcing yang disebabkan oleh cairan seng yang hendak menetes namun telah mengering terlebih dahulu.

Tahapan proses pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing* dapat dilihat pada gambar berikut:

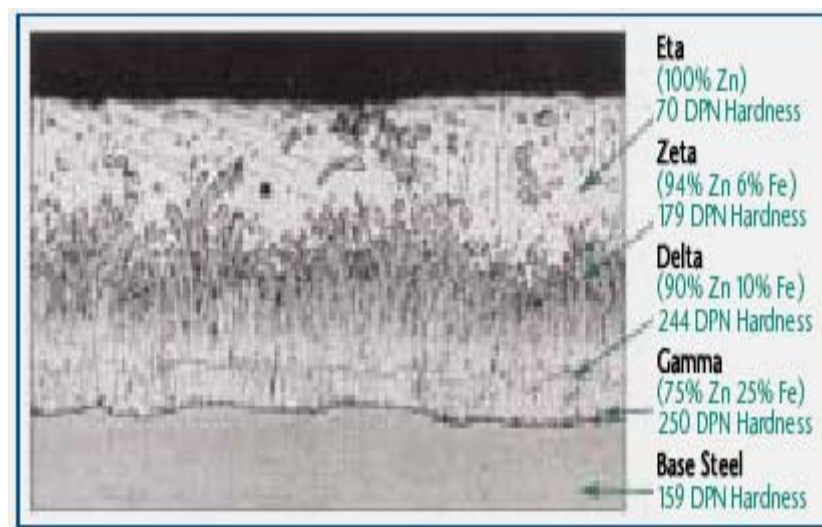


Gambar 1. Skema Proses *Hot Dip Galvanizing*

### 2.2.3 Metalurgi *Hot Dip Galvanizing*

Permukaan baja yang telah mengalami proses *fluxing* apabila bersinggungan dengan seng cair pada proses *galvanizing* maka lapisan pelindung yang terbentuk akan hilang dan seng cair akan segera membasahi permukaan benda kerja dan bereaksi sehingga terbentuk lapisan paduan besi dengan seng.

Gambar 2 memperlihatkan karakteristik lapisan seng yang menempel pada permukaan besi. Lapisan seng tersebut pada hakekatnya terdiri dari lapisan seng murni yang ikut tertarik pada saat benda kerja diangkat dari bak dan lapisan paduan antara seng dengan besi.



Gambar 2. Lapisan *Galvanizing* ([www.zinc.org](http://www.zinc.org))

Lapisan paduan tersebut yaitu:

1. Lapisan Eta

Lapisan ini merupakan lapisan terluar yang tersusun oleh 100% seng yang memiliki kekerasan sebesar 70 DPN.

## 2. Lapisan Zeta

Lapisan ini terdiri dari 94% seng dan 6% besi yang memiliki kekerasan sebesar 179 DPN.

## 3. Lapisan Delta

Lapisan ini terdiri dari 90% seng dan 10% besi yang memiliki kekerasan sebesar 244 DPN.

## 4. Lapisan Gamma

Lapisan ini terdiri dari 75% seng dan 25% besi yang memiliki kekerasan sebesar 250 DPN.

### **2.2.4 Temperatur *Galvanizing***

Temperatur *galvanizing* merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi hasil lapisan. Kenaikan temperatur larutan akan menyebabkan pengkristalan zat terlarut lebih disukai, daya larut seng akan bertambah besar dan terjadi penguraian garam logam yang menyebabkan difusivitasnya menjadi tinggi serta gerakan ion logam akan lebih cepat karena kekentalannya menjadi berkurang.

Kenaikan temperatur pencelupan akan meningkatkan reaktifitas larutan seng sehingga mengakibatkan lapisan seng menjadi tebal. Peristiwa ini cenderung akan mengarah pada hasil lapisan yang kasar dan akan mengurangi terserapnya gas hidrogen dalam lapisan, menurunkan tegangan serta mengurangi kerapuhan, sebagai contoh pelapisan seng (Charles, 1996: 381).

### **2.2.5 Seng (*Zinc*)**

Seng merupakan logam putih kebiruan, yang cukup mudah ditempa dan liat pada suhu  $110^{\circ}\text{C}$  –  $150^{\circ}\text{C}$  dan menjadi sangat rapuh jika dipanaskan diatas suhu

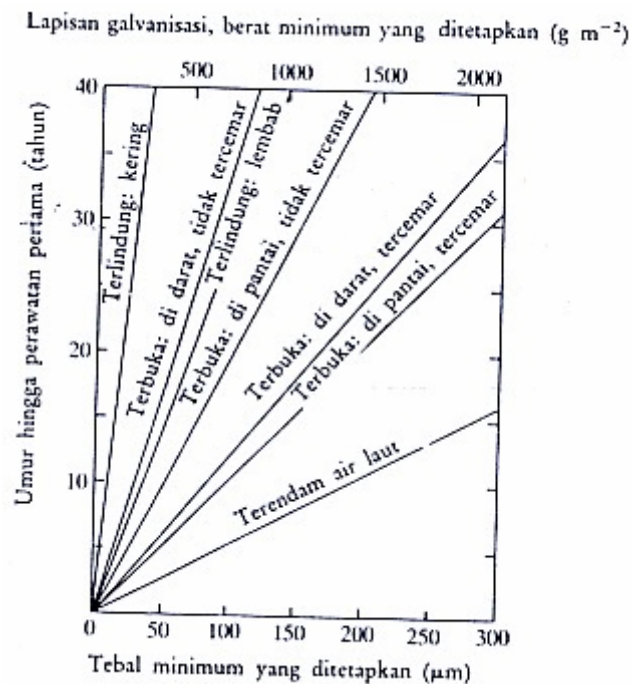
200<sup>0</sup> C, jika dibiarkan di udara terbuka yang lembab akan terbentuk lapisan garam-garam dasar tipis dan putih sebagai pelindung, untuk sifat ini maka seng lebih cocok jika digunakan untuk melapisi baja dengan proses *galvanizing*. Seng bersifat amfotir karena dapat bereaksi dengan asam encer (proses lebih lambat jika seng murni yang direaksikan), disamping itu seng juga bereaksi dengan basa. Seng jarang digunakan sendiri sebagai bahan konstruksi, lebih sering digunakan untuk proses *galvanizing*, bahan campuran untuk logam seperti kuningan dan tembaga dan sebagai bahan-bahan bangunan.

Seng dapat melebur dalam dapur *galvaniz* pada temperatur 419,47<sup>0</sup> C dan mempunyai titik didih 907<sup>0</sup> C (Henkel, 2002: 37). Pelapisan logam dengan logam pelapis berupa seng memiliki beberapa keuntungan yaitu biaya prosesnya murah, cukup tersedia di alam, daya tahan lapisan yang lama, melindungi substrat dari kerusakan secara mekanis, mudah untuk dilakukan dan logam yang telah dilapisi tidak memerlukan perawatan khusus.

Ketahanan lapisan seng terhadap korosi tergantung pada ketebalan lapisan dan kondisi lingkungan yang dihadapi. Adakalanya jenis lingkungan yang tampak sama seringkali menghasilkan proses korosi yang berbeda, hal ini kemungkinan disebabkan oleh adanya variasi minor yang disebabkan oleh kecepatan angin dan partikel-partikel korosif yang terdapat di atmosfer. Lapisan seng merupakan suatu lapisan penghalang yang memisahkan substrat baja dari lingkungan di sekitarnya. Meskipun demikian, dengan pengandaian bahwa elektrolit mempunyai konduktivitas listrik yang baik dan menghubungkan substrat yang terlindungi dengan lapisan yang tersisa, sebagian besar lapisan seng akan hilang sampai



akhirnya baja terserang korosi, sebagai akibat dari peran yang dijalankannya sebagai tumbal dalam upaya perlindungan tersebut. Dalam kondisi demikian, korosi serius akan tertunda sampai lapisan pelindung tinggal 10% saja dari keadaan semula.



Gambar 3. Pengaruh Lingkungan dan Ketebalan terhadap Umur Lapisan Seng

Gambar 3 menginformasikan tentang pengaruh lingkungan dan ketebalan lapisan terhadap umur lapisan seng. Lapisan seng setebal 0,03 mm di udara terbuka akan berumur 11 hingga 12 tahun bila di daerah pedesaan, sedangkan sekitar 8 tahun bila di lingkungan laut, tetapi hanya menjadi 4 tahun bila di daerah industri yang terkena polusi belerang oksida, dalam keadaan terendam dalam air laut, setiap lapisan dengan ketebalan 0,03 mm akan habis kira-kira 1 tahun, tetapi dengan adanya polusi terutama hidrogen sulfida yang ditimbulkan oleh limbah-limbah di muara-muara akan menyebabkan laju penipisan lapisan semakin bertambah (Trethewey, 1991: 274).

Lapisan seng relatif stabil jika berada pada kondisi atmosfer yang kering dan relatif panas. Pada kondisi lingkungan yang relatif lembab, lapisan oksida seng akan berubah menjadi seng hidroksida ( $Zn(OH)_2$ ), sedangkan karbon dioksida ( $CO_2$ ) yang lazim ada di udara akan bereaksi dan membentuk seng karbonat. Kedua senyawa ini bersifat sangat stabil sehingga dapat mencegah reaksi korosi lanjut, pada daerah yang dekat dengan pertanian, umur lapisan seng dapat mengalami penurunan yang cukup signifikan sebagai akibat penyemprotan insektisida, ada beberapa jenis insektisida yang dapat merusak lapisan seng terutama apabila setelah dilakukan penyemprotan terjadi hujan. Air hujan yang bercampur dengan insektisida yang berada di udara akan menimbulkan hujan asam yang merupakan media yang sangat korosif terhadap lapisan seng.

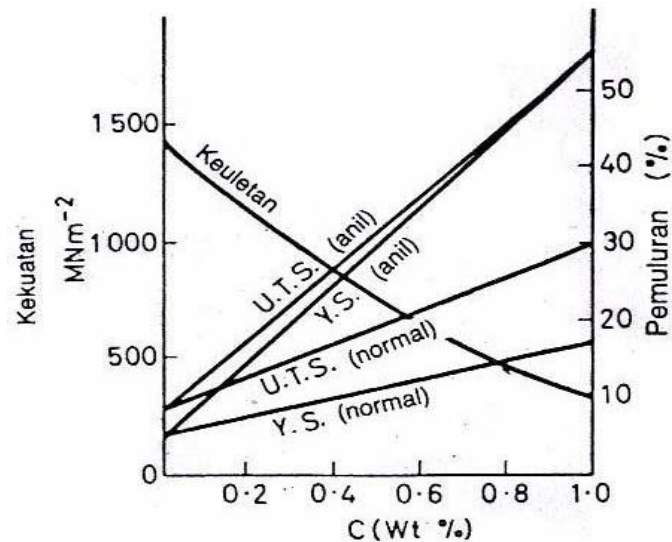
## **2.2 Baja**

### **2.2.1 Baja Karbon Rendah**

Baja merupakan paduan yang terdiri dari unsur besi (Fe) dan karbon (C) dengan sedikit unsur Si, P, Mn, S dan Cu. Unsur-unsur paduan diberikan dengan maksud memperbaiki atau memberi sifat yang sesuai dengan sifat yang diinginkan (Wiryosumarto, 2000: 89).

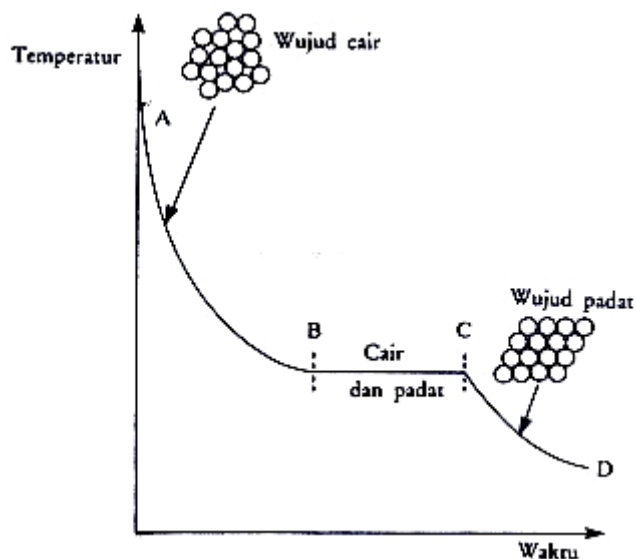
Gambar 4 menjelaskan pengaruh kandungan karbon terhadap kekuatan dan keuletan baja. Baja karbon rendah memiliki kekuatan sedang dengan keuletan yang sangat baik dan digunakan dalam kondisi anil atau normalisasi untuk keperluan konstruksi jembatan, bangunan dan kendaraan. Kandungan karbon disekitar 0,2% keuletannya sudah tidak memadai untuk keperluan lenyuk dalam

(*deep drawing*) dan perpatahan rapuh yang terjadi pada potongan tebal setelah pengelasan akan mengurangi daya guna baja karbon tersebut (RE. Smallman, 1991: 450).



Gambar 4. Pengaruh Kandungan Karbon terhadap Kekuatan dan Keuletan Baja

Logam yang berwujud padat memiliki keteraturan dan kemantapan yang lebih baik bila dibandingkan dengan logam yang berwujud cair. Logam padat tersusun oleh atom-atom yang membentuknya terikat erat dalam molekul-molekul dan molekul-molekulpun terpaku di tempatnya oleh gaya-gaya pengikat lain yang menjadikan jarak-jarak antar atom tetap pendek namun hal ini justru sebaliknya untuk logam yang bentuknya cair, meskipun tetap tersusun rapat namun molekul-molekul tidak terhalang untuk dapat bergerak bebas dalam kumpulan besarnya.

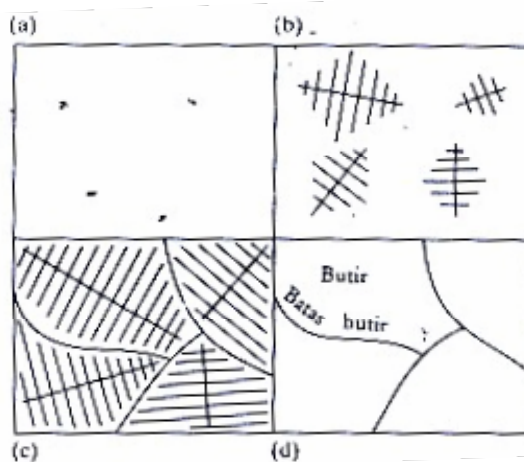


Gambar 5. Kurva Pendinginan untuk Pembekuan Sebuah Logam Murni

Gambar 5 menyajikan kurva pendinginan sebuah logam murni. Mula-mula pada titik A logam leleh yang berupa atom-atom logam yang terhimpun dalam susunan longgar. Pada temperatur yang digambarkan dengan titik-titik beku B, atom-atom logam mulai mengatur diri ke dalam susunan yang sangat tertata. Susunan yang terbentuk pada suatu temperatur tertentu untuk logam yang tertentu pula selalu bentuknya sama meskipun untuk logam-logam yang berbeda pola susunan atom itu ternyata beragam. Proses pembekuan logam berlangsung disertai dengan pelepasan energi yang disebut dengan panas laten peleburan (*latent heat of fusion*). Pelepasan energi ini menyebabkan logam-logam murni tetap pada temperatur yang sama selama proses pembekuan berlangsung (dari B hingga C) sebagai akibat adanya kecenderungan alami sistem untuk mendingin hingga temperatur lingkungan sekitarnya (Trethewey, 1991: 30).

Jumlah kristal yang bernukleasi bergantung pada laju pendinginan. Pendinginan secara cepat menyebabkan nukleasi dalam cairan terjadi di banyak

tempat, sebaliknya jika pendinginan berlangsung lambat akan membuat pembentukan kristal hanya sedikit namun kristal itu akan terus menerus tumbuh secara perlahan. Laju pendinginan logam selama proses pembekuan atau pencetakan sangat penting karena akan menentukan sifat-sifat mekanik logam dan berpengaruh juga pada sifat-sifat korosinya.



- (a) Nukleasi kristal-kristal dalam lelehan      (c) Pembentukan selesai  
 (b) Pertumbuhan kristal-kristal menjadi dendrit      (d) Struktur butir akhir

Gambar 6. Pertumbuhan Dendritik dan Pembekuan

Gambar 6 menjelaskan tentang proses pembekuan logam murni. Begitu sebuah kristal terbentuk (Gambar 6 (a)), meskipun mungkin baru sekumpulan kecil atom, untuk membentuk kristal baru akan lebih alami hasilnya bila pembentukan selanjutnya terjadi pada susunan yang sudah mantap. Pertumbuhan kristal paling cepat terjadi pada sudut-sudutnya sehingga dari situlah percabangan bermula. Kristal yang telah bercabang disebut dendrit dimana orientasi tiap dendrit berlainan. Pada akhirnya dendrit-dendrit ini akan tumbuh sedemikian besar sehingga atom-atom terluar masing-masing saling bersentuhan dan gerakannya menjadi terbatas (Gambar 6 (c)), akibatnya dendrit-dendrit ini akan

terpaku dalam orientasi acak hingga bahan yang masih cair yang tersisa diantara percabangan lengan-lengan dendrit kemudian membeku juga (Gambar 6 (d)).

Kristal-kristal ini bila telah terbentuk secara lengkap dalam keadaan padat kemudian disebut butir (*grain*), di daerah antara dua buah butir, tempat pola kristal berubah orientasi, atom-atom tidak serasi dengan kisi-kisi pada butir yang manapun. Daerah-daerah ini disebut batas butir.

### **2.2.2 Cacat dalam Struktur Logam**

Proses pembekuan logam akan membentuk struktur kisi kristal yang sebenarnya terdapat ketidaksempurnaan dalam susunannya yang disebut dengan cacat (*defect*) yang akan berpengaruh pada sifat-sifat korosi logam. Ketidaksempurnaan dalam susunan ini dapat diakibatkan oleh perbedaan orientasi batas butir yang merupakan daerah pertemuan antara kisi-kisi yang bersebelahan, pengaruh perlakuan mekanik yang diberikan selama proses pengerjaan dan fabrikasi.

Cacat yang terjadi pada logam secara umum dapat dikelompokkan menjadi tiga buah yaitu:

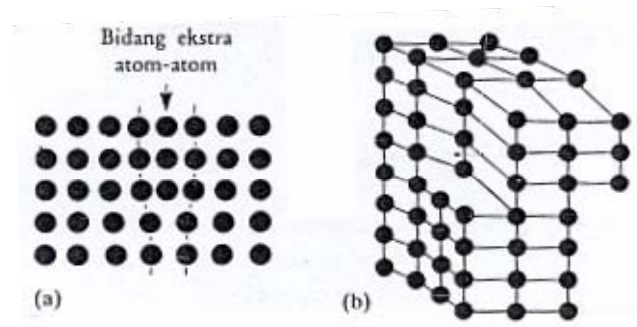
#### 1. Cacat titik (cacat atom tunggal)

Cacat titik merupakan cacat pada suatu kisi sempurna, dengan sengaja dimanfaatkan untuk menyempurnakan sifat-sifat mekanik logam. Cacat ini mempunyai peran dalam beberapa mekanisme korosi seperti perapuhan hidrogen, *selective attack*, korosi oksidasi dan korosi panas.

## 2. Cacat garis

Cacat garis merupakan cacat yang terjadi di dalam struktur butir ketika bidang-bidang atom, bukan atom individu tidak menempati kedudukan sempurna pada kisi. Cacat garis contohnya dislokasi, dimana jenis dislokasi yaitu:

- Dislokasi tepi (*edge dislocation*) yaitu adanya sebuah bidang atom tidak sempurna diantara dua bidang lainnya.
- Dislokasi ulir (*screw dislocation*) yaitu adanya bidang yang menyerong sedikit sehingga tidak searah lagi dengan bidang-bidang terdekatnya.



Gambar 7. Jenis Dislokasi dalam Kisi Kristal

## 3. Cacat volume

Cacat volume merupakan cacat yang mempengaruhi logam dalam skala makroskopiknya. Cacat volume memiliki peran yang sangat penting dalam mekanisme korosi. Cacat ini umumnya diakibatkan oleh proses-proses selama *manufacturing*, yaitu:

- Renik (*voids*), cacat ini berupa rongga-rongga kecil dalam bahan yang mungkin disebabkan oleh sejumlah mekanisme seperti terjebaknya udara dan pelepasan gas selama proses penuangan logam ke dalam cetakan.

- b. Retak (*crack*), retak biasanya berawal sejak pencetakan, umumnya diakibatkan oleh tidak meratanya laju pendinginan dan timbulnya tegangan-tegangan di dalam cetakan. Retak ini dapat memungkinkan peresapan agen-agen penyebab korosi.
- c. Inklusi, merupakan terjebaknya partikel-partikel asing dalam padatan yang tentunya bukan bagian dari struktur kisi kristal logam itu sendiri.

### 2.3 Korosi

Korosi adalah proses perusakan, penyusutan ataupun pengikisan terhadap suatu material yang disebabkan karena adanya reaksi dengan lingkungannya yang biasanya diasosiasikan ke material berbahan logam. Penyebab terjadinya ada dua macam yakni proses secara kimiawi dan proses perlakuan (Fontana, 1984: 2).

Proses korosi secara kimiawi adalah proses ionisasi yang terjadi secara alamiah akibat adanya interaksi dengan udara seperti kelembaban, keasaman daerah atau kondisi operasi tertentu. Dua buah logam yang memiliki sifat yang berbeda yang saling berdekatan akan menghasilkan ion positif dan negatif, kemudian apabila bersinggungan dengan udara maka akan terbentuk senyawa baru karena udara mengandung bermacam-macam unsur, salah satu yang paling berpengaruh adalah hidrogen yang merupakan penyebab terjadinya korosi yang disebut dengan *atmospheric corrosion*. Proses korosi karena perlakuan merupakan proses terjadinya korosi karena adanya unsur kesengajaan.

Save M Dagun (2005: 98) mendefinisikan korosi sebagai berikut:

1. Pengikisan atau pelapukan karena karat atau peristiwa kimia.



2. Proses elektro-kimia yang menyebabkan logam/bahan keramik berubah ke bentuk oksidanya.
3. Erosi kimia oleh oksigen di udara yang menimbulkan batuan yang mengandung besi karat.

Suatu proses korosi dapat menyebabkan timbulnya degradasi atau penurunan mutu suatu logam. Penurunan mutu ini tidak hanya melibatkan reaksi kimia namun juga melibatkan reaksi elektrokimia yaitu reaksi antara bahan-bahan bersangkutan yang menyebabkan terjadinya perpindahan elektron.

Atom logam yang mengalami suatu reaksi korosi, atom itu akan diubah menjadi sebuah ion melalui reaksi dengan suatu unsur yang terdapat dilingkungannya, jika suatu atom logam disimbolkan dengan M, maka proses korosi dapat digambarkan sebagai:



Persamaan diatas memperlihatkan bahwa atom-atom logam dapat melepaskan sejumlah Z elektron yang merupakan bilangan valensi yang dimiliki oleh atom logam M (Trethewey, 1991: 24).

Pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing* akan melindungi struktur baja dari korosi dalam jangka waktu yang cukup lama, hal ini karena gas dan kelembaban disekitar bagian bawah permukaan seng akan menghasilkan sebuah lapisan pelindung yang berasal dari *zinc oxide* dan *hydroxide*. Korosi yang terjadi pada logam dapat mengurangi sifat mekanik dari logam tersebut.

Mekanisme umum perlindungan lapisan seng terhadap laju korosi pada baja yaitu:

1. Proteksi katodik: Metode anoda tumbal (*sacrificial anode method*)

Proteksi katodik merupakan perlindungan yang timbul karena adanya perbedaan potensial elektrokimia antara baja dengan seng sehingga apabila terjadi proses oksidasi maka lapisan seng terlebih dahulu teroksidasi, perlindungan ini disebut juga perlindungan pengorbanan (*sacrificial protection*). Baja baru akan terkorosi setelah semua lapisan seng yang melindunginya terkorosi, hal ini akan memberikan cukup waktu untuk melakukan pelapisan kembali pada baja tersebut.

2. Proteksi anodik

Prinsip proteksi secara anodik yaitu pemberian potensial pada baja sehingga logam itu terpolarisasi anodik dari potensial korosi bebasnya, sehingga akan menyebabkan terbentuknya suatu selaput pasif yang menjadi pelindung terhadap korosi. Selaput ini akan dapat memberikan perlindungan apabila menempel dengan kuat dan cukup tahan terhadap kerusakan mekanik.

Proteksi anodik merupakan perlindungan terhadap korosi pada logam yang disebabkan karena adanya lapisan pelindung pada permukaan sehingga korosi yang seharusnya terjadi pada baja terhalangi karena adanya lapisan tersebut. Perlindungan ini sangat dipengaruhi oleh tebal lapisan yang menyelubungi permukaan baja.

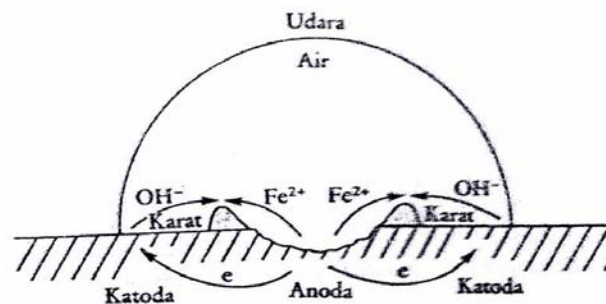
Jenis-jenis korosi yaitu:

1. Korosi merata (*general*)

Merupakan korosi yang terjadi pada suatu logam secara menyeluruh, sebagai contoh: korosi yang terjadi pada tiang-tiang penyangga pada penambangan lepas pantai.

2. Korosi sumuran (*pitting corrosion*)

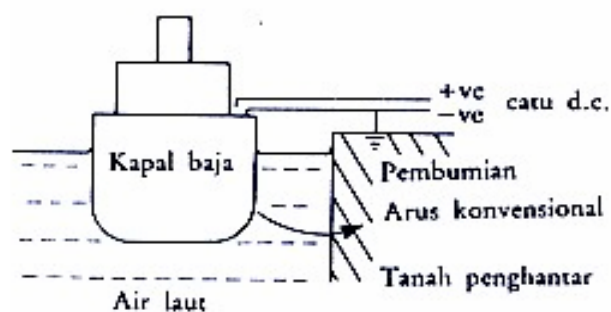
Adalah korosi lokal yang secara selektif menyerang bagian permukaan logam yang selaput pelindungnya tergores atau retak akibat perlakuan mekanik atau mempunyai tonjolan akibat dislokasi atau mempunyai komposisi heterogen dengan adanya inklusi, segregasi dan presipitasi.



Gambar 8. Korosi Sumuran

3. Korosi arus liar (*stray-current corrosion*)

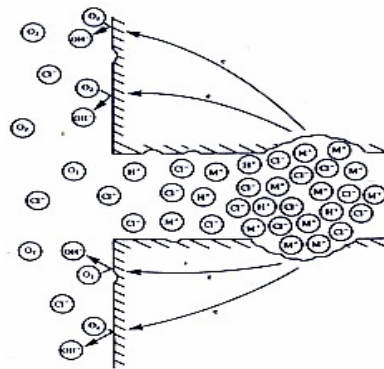
Adalah korosi yang disebabkan oleh adanya arus konvensional yang mengalir dalam arah berlawanan dengan aliran elektron, besarnya dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dari luar.



Gambar 9. Korosi Arus Liar

4. Korosi celah

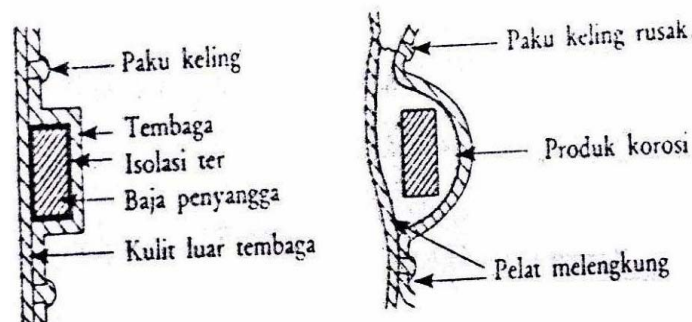
Adalah korosi yang terjadi karena sebagian permukaan logam terhalang dari lingkungan dibanding bagian lain logam yang menghadapi elektrolit dalam volume yang besar.



Gambar 10. Korosi Celah

#### 5. Korosi logam tak sejenis (galvanik)

Adalah korosi yang disebabkan adanya dua logam tak sejenis (*dissimilar metals*) yang bergandengan (*coupled*) membentuk sebuah sel korosi basah sederhana.



Gambar 11. Korosi Galvanik

#### 6. Korosi erosi

Adalah korosi yang disebabkan akibat gerak relatif antara elektrolit dan permukaan logam. Korosi ini biasanya disebabkan karena terjadinya proses-proses elektrokimia dan oleh efek-efek mekanik seperti abrasi dan gesekan.

#### 7. Korosi intergranuler

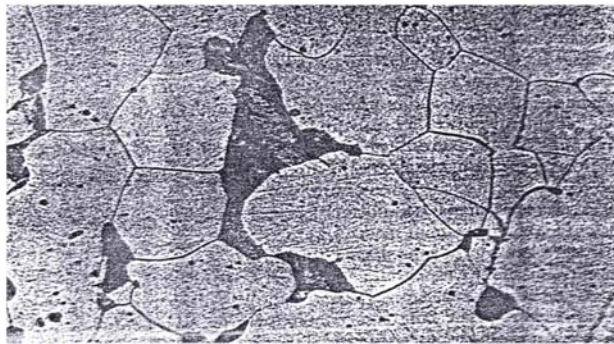
Korosi ini terjadi bila daerah batas butir terserang akibat adanya endapan di dalamnya, endapan tersebut berasal dari bahan-bahan asing yang terdapat dalam struktur logam. Bahan-bahan tersebut yaitu logam antara dan senyawa.

8. Korosi tegangan (*stress corrosion*)

Logam yang mengalami beban dinamis yang berulang-ulang lama kelamaan akan patah, patahnya logam ini dapat dipercepat bila terdapatnya korosi pada logam tersebut.

9. Korosi batas butir

Adalah korosi yang disebabkan oleh ketidaksesuaian struktur kristal pada batas butir yang memiliki kedudukan atom-atom secara termodinamika yang kurang mantap dibandingkan atom-atom pada kedudukan kisi sempurna.



Gambar 12. Korosi Batas Butir

10. Korosi pelepasan atau bobolan (*breakaway corrosion*)

Adalah korosi yang disebabkan oleh faktor-faktor yang tidak nampak secara bersamaan. Faktor-faktor tersebut yaitu temperatur, komposisi gas, tekanan gas, komposisi logam, bentuk komponen dan *finishing* permukaan.

11. Korosi panas (*hot corrosion*)

Korosi panas yang terjadi pada turbin gas disebabkan oleh kombinasi antara oksidasi dan reaksi-reaksi dengan belerang, natrium, vanadium dan pengotor-pengotor lain yang terdapat di udara dan bahan bakar.

12. Korosi transkristalin

Merupakan terjadinya korosi yang melewati kristal.



Gambar 13. Korosi Transkristalin

#### **2.4 Pengujian Komposisi**

Pengujian komposisi merupakan pengujian yang berfungsi untuk mengetahui seberapa besar atau seberapa banyak jumlah suatu kandungan unsur yang terdapat pada suatu logam, baik logam ferro maupun logam non ferro. Pengujian komposisi biasanya dilakukan di pabrik-pabrik atau perusahaan logam yang jumlah produksinya besar ataupun dilakukan di Institut pendidikan yang khusus mempelajari tentang logam.

Proses pengujian komposisi berlangsung dengan pembakaran bahan menggunakan elektroda dimana terjadi suhu rekristalisasi, dari suhu rekristalisasi terjadi penguraian unsur yang masing-masing beda warnanya. Penentuan kadar unsur berdasarkan sensor perbedaan warna. Proses pembakaran elektroda ini tidak lebih dari tiga detik. Pengujian komposisi dilakukan untuk menentukan jenis bahan yang digunakan dengan melihat persentase unsur yang ada.

#### **2.5 Pengujian Kekerasan**

Kekerasan suatu logam merupakan ketahanan atau kemampuan suatu logam terhadap penetrasi dalam memberikan suatu indikasi yang cepat mengenai

perilaku *deformasi plastis*. Kekerasan sendiri dapat dihubungkan dengan kekuatan luluh atau kekuatan tarik logam karena sewaktu indentasi, material di sekitar jejak mengalami *deformasi plastis* hingga mencapai regangan tertentu.

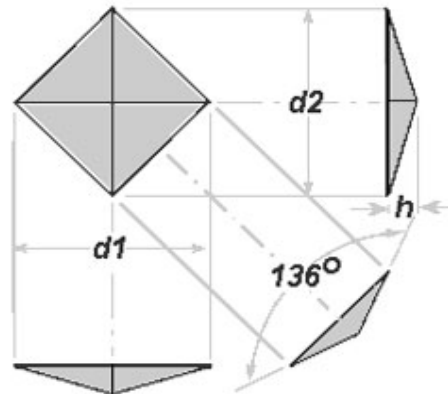
Pengujian kekerasan adalah salah satu pengujian dari sekian banyak pengujian yang mudah dilakukan, karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang relatif kecil tanpa kesukaran mengenai spesifikasi benda uji. Pengujian yang banyak dipakai adalah dengan cara menekankan suatu penekan pada benda uji dengan beban tertentu dan mengukur bekas hasil penekanan yang terbentuk di atasnya (Tata Surdia, 2000: 31).

Ukuran kekerasan dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis yang kesemuanya tergantung pada cara melakukan pengujian, ketiga jenis tersebut adalah kekerasan goresan (*scratch hardness*), kekerasan lekukan (*indentation hardness*) dan kekerasan pantulan (*rebound*). Pengujian yang sering dilakukan adalah pengujian penekanan, pada pengujian penekanan terdapat beberapa alat uji yang dapat digunakan, antara lain dengan alat uji *Brinell*, *Vickers* dan *Rockwell*.

Pengujian kekerasan *Vickers* adalah pengujian kekerasan yang sering banyak digunakan digunakan pada pengujian kekerasan. Pengujian *Vickers* menggunakan piramida intan (*diamond pyramid*) sebagai indentor, dasar piramida yang berbentuk bujur sangkar dan sudut antara dua bidang miring yang berhadapan sebesar  $136^{\circ}$ , untuk beban yang digunakan dalam penekanan antara 10 g sampai 120 kg (Daryanto, 1985: 75).

Pengujian *Vickers* memiliki beberapa kelebihan yaitu dengan benda penekan yang sama, kekerasan dapat ditentukan tidak hanya untuk bahan lunak

akan tetapi juga untuk bahan keras, dengan bekas tekanan yang kecil bahan percobaan merusak lebih sedikit, pengukuran kekerasan teliti, kekerasan benda kerja yang sangat tipis atau lapisan permukaan yang tipis dapat diukur dengan memilih gaya yang relatif kecil.



Gambar 14. Skema Indentor *Vickers* ([www.gordonengland.co.uk](http://www.gordonengland.co.uk))

Permukaan logam yang diuji mulanya ditekan dengan indenter berbentuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besar sudut antara permukaan-permukaan piramida yang berhadapan adalah sebesar  $136^{\circ}$ . Angka kekerasan piramida intan (DPN) atau angka kekerasan *Vickers* (VHN atau VPN), secara teoritis diartikan sebagai besarnya beban dibagi luas penampang lekukan yang terjadi. VHN dapat ditentukan dari persamaan sebagai berikut:

$$VHN = \frac{2 \cdot P \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{d^2}$$

$$= 1,854 \frac{P}{d^2} \left( \frac{kg}{mm^2} \right)$$

dimana : P = Beban yang diberikan (kg)

d = Panjang diagonal rata-rata (mm)

$\alpha$  = Sudut antara intan yang belawanan ( $136^{\circ}$ )



Uji kekerasan *Vickers* banyak dipakai dalam kegiatan riset karena cara tersebut memberikan hasil berupa skala kekerasan yang kontinyu. Pengujian *Vickers* dapat digunakan untuk material yang sangat keras sekalipun, hal ini karena indenter yang digunakan berupa intan yang merupakan bahan yang paling keras.

## 2.6 Pengujian Struktur Mikro

Struktur mikro adalah struktur terkecil yang terdapat dalam suatu bahan yang keberadaannya tidak dapat di lihat dengan mata telanjang, tetapi harus menggunakan alat pengamat struktur mikro diantaranya: mikroskop cahaya, mikroskop *electron*, mikroskop *field ion*, mikroskop *field emission* dan mikroskop sinar-X. Penelitian ini menggunakan mikroskop cahaya, adapun manfaat dari pengamatan struktur mikro ini adalah:

1. Mempelajari hubungan antara sifat-sifat bahan dengan struktur dan cacat pada bahan.
2. Memperkirakan sifat bahan jika hubungan tersebut sudah diketahui.

Tahapan yang perlu dilakukan sebelum pengujian struktur mikro dilaksanakan yaitu:

1. Tahap pemotongan

Tahap ini berupa pemotongan benda kerja yang nantinya akan diteliti.

2. Tahap pengamplasan

Tahap ini dilakukan mulai dari ukuran amplas yang paling kecil hingga yang paling besar pada bagian bidang permukaan yang hendak diteliti.

### 3. Tahap *polishing*

Tahapan ini bertujuan untuk menghilangkan adanya goresan dan agar diperoleh bidang uji yang benar-benar halus. Proses pemolesan dilakukan dengan menggunakan autosol.

### 4. Tahap pengetsaan

Proses pengetsaan bertujuan agar struktur benda uji dapat terlihat dengan jelas.

### 5. Tahap pemotretan

Merupakan pemotretan struktur mikro benda kerja dengan perbesaran tertentu.

## 2.7 Pengujian Laju Korosi

Laju korosi merupakan besarnya pengikisan yang terjadi pada suatu material yang dinyatakan dalam massa dibagi waktu. Pengujian laju korosi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu secara alami dan secara buatan. Pengujian secara alami dapat menggunakan air laut, sedangkan pengujian secara buatan dapat dilakukan dengan menggunakan larutan yang bersifat asam dimana dalam penelitian ini menggunakan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (asam sulfat). Besarnya laju korosi yang terjadi dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Laju Korosi} = \frac{w_o - w_i}{T} \left( \frac{\text{gr}}{\text{menit}} \right)$$

dimana  $w_o$  = Berat awal (gr)

$w_i$  = Berat setelah pengujian (gr)

T = Waktu perendaman (menit)

## 2.8 Kerangka Berfikir

Baja dan besi merupakan logam yang paling banyak digunakan sebagai komponen dalam konstruksi jembatan dan komponen di industri. Pemakaian logam ini dikarenakan baja dan besi merupakan logam yang mempunyai kekuatan yang tinggi. Walaupun keduanya banyak digunakan sebagai bahan konstruksi namun bukan berarti logam tersebut dapat digunakan selamanya karena suatu saat mutunya akan menurun yang disebabkan karena terjadinya korosi.

Perlindungan terhadap bahaya korosi terutama pada besi dan baja dapat dilakukan dengan proses pelapisan logam dengan metode *Hot Dip Galvanizing*. Proses pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing* merupakan proses pelapisan yang media pelapisnya berupa seng yang telah dipanaskan hingga mencair kemudian logam dicelupkan ke dalamnya. Pelapisan ini bertujuan untuk melindungi logam terhadap serangan korosi, meningkatkan kekuatan dan memperbaiki penampilan logam (sifat dekoratif). Hasil lapisan seng yang baik dan sempurna dipengaruhi oleh beberapa faktor penting yang harus diperhatikan yaitu lama pencelupan, temperatur pencelupan dan kondisi permukaan benda kerja.

Temperatur pencelupan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses *Hot Dip Galvanizing*. Besar kecilnya temperatur pencelupan sangat mempengaruhi baik dan buruknya hasil pelapisan, makin tinggi temperaturnya akan meningkatkan reaktifitas larutan sehingga akan menyebabkan pengkristalan zat terlarut lebih disukai, daya larutnya bertambah besar dan terjadi penguraian garam logam yang menjadikan tingginya konduktivitas serta menambah mobilitas ion logam tetapi viskositas (kekentalan) menjadi berkurang sehingga endapan ion

logam pada katoda akan lebih cepat sirkulasinya. Kecepatan pelapisan yang semakin tinggi akan menghasilkan lapisan yang semakin tebal tetapi bila temperatur pencelupan terlalu tinggi maka pelapisan akan mengarah pada hasil lapisan yang kasar dan akan mengurangi terserapnya gas hidrogen dalam lapisan, menurunkan tegangan serta mengurangi kerapuhan. Hasil lapisan yang baik dapat diperoleh dengan melakukan pelapisan pada temperatur pencelupan yang tepat.

## 2.9 Pertanyaan Penelitian

Pertanyaan sementara dalam penelitian ini adalah:

1. Adakah pengaruh temperatur pencelupan *Hot Dip Galvanize* terhadap tebal lapisan Zn pada baja karbon rendah.
2. Adakah pengaruh temperatur pencelupan *Hot Dip Galvanize* terhadap kekerasan pada baja karbon rendah.
3. Adakah pengaruh temperatur pencelupan *Hot Dip Galvanize* terhadap laju korosi pada baja karbon rendah.
4. Adakah pengaruh temperatur pencelupan *Hot Dip Galvanize* terhadap struktur mikro pada baja karbon rendah.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Pendekatan Penelitian**

Pendekatan penelitian merupakan suatu sistem pengambilan data dalam suatu penelitian. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu suatu metode yang mengusahakan timbulnya variabel-variabel dan selanjutnya dikontrol untuk dilihat pengaruhnya (Arikunto, 1997: 89).

#### **3.2 Tempat dan Waktu Penelitian**

1. Tempat Penelitian I : PT Cerah Sempurna Jl. Walisongo km 11 No. 407

Telp. (024) 8662121-8662123 Semarang

Waktu Penelitian : 22 – 25 Januari 2007

2. Tempat Penelitian II : – Laboratorium Pengujian Bahan Teknik Mesin

Universitas Gadjah Mada

– Laboratorium Kimia UNNES

Waktu Penelitian : 1 Februari – 15 Maret 2007

#### **3.3 Alat dan Bahan Penelitian**

1. Alat Penelitian

- Peralatan *Hot Dip Galvanizing* (*crane*, tungku pemanas, blower)
- Mesin gergaji
- Mesin bor

- Mesin *polishing*
- Mesin uji komposisi
- Mesin uji mikro *Vickers*
- Mesin uji struktur mikro
- Peralatan uji korosi (labu ukur, gelas ukur, timbangan digital, pipet dan gelas kimia)
- Alat pengukur ketebalan lapisan (*Thickness meter*)
- Tang
- Kawat

## 2. Bahan Penelitian

- Baja karbon rendah dengan diameter 38 mm dan tebal 3 mm
- Larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- Air bersih
- Seng cair

### 3.4 Variabel Penelitian

Variabel penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Variabel bebas

Arikunto (1997: 101) menerangkan bahwa variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi yang disebut juga variabel penyebab (*independent variable*).

Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu pengaruh temperatur pencelupan baja karbon rendah dengan pelapisan metode *Hot Dip Galvanizing*, yaitu pencelupan pada temperatur 440<sup>0</sup> C, 450<sup>0</sup> C dan 460<sup>0</sup> C.

## 2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas, adapun yang menjadi variabel terikat dalam penelitian ini adalah pengaruh terhadap kekerasan, laju korosi dan struktur mikro.

## 3. Variabel kontrol

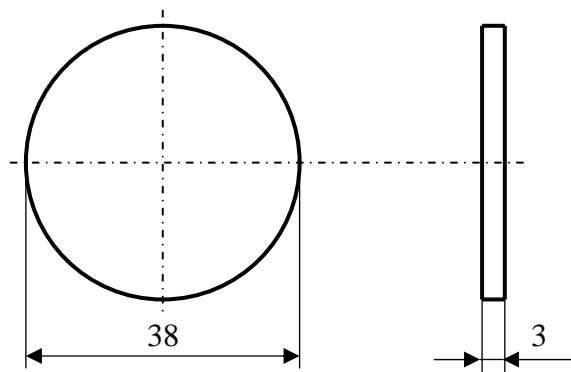
Variabel kontrol adalah faktor-faktor yang mempengaruhi hasil dari penelitian. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah prosedur pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing* dan bahan yang digunakan yaitu baja karbon rendah.

### 3.5 Proses Pembuatan Spesimen

Tahapan proses pembuatan spesimen yaitu:

#### 1. Pemotongan bahan

Memotong bahan yang berupa baja karbon rendah dengan ukuran tebal 3 mm dan diameter 38 mm dengan menggunakan mesin gergaji.



Gambar 15. Gambar Spesimen

## 2. Pengeboran spesimen

Pengeboran dilakukan dengan menggunakan mesin bor, lubang ini bertujuan untuk memudahkan dalam perangkaian spesimen dalam proses pencelupan.

## 3. Pemolesan

Pemolesan spesimen dilakukan dengan menggunakan mesin *polishing*, pemolesan ini bertujuan agar dihasilkan permukaan yang rata sehingga lapisan seng dapat menempel dengan baik.

### 3.6 Proses Pelapisan

Proses pelapisan dilakukan di PT Cerah Sempurna yang merupakan sebuah industri yang bergerak dalam bidang pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing*. Adapun tahapan yang harus dilakukan yaitu:

1. Menimbang benda kerja yang kemudian dirangkai menjadi satu bagian.
2. Melakukan proses *pickling* yang berfungsi untuk menghilangkan karat kemudian dilanjutkan dengan proses *rinsing*. Melakukan proses *fluxing* yang disusul dengan proses *drying*.
3. Mengatur suhu seng yang dibagi dalam tiga kali kelompok pencelupan, yaitu pencelupan pada suhu  $440^{\circ}\text{C}$ ,  $450^{\circ}\text{C}$  dan suhu  $460^{\circ}\text{C}$ .
4. Mencelupkan rangkaian spesimen ke dalam bak *galvaniz*, proses pencelupan dilakukan selama 1,5 menit kemudian dilanjutkan dengan proses *quenching*.
5. Melakukan penimbangan berat akhir lapisan dan mengukur ketebalan lapisan.



Proses pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing* sebagai berikut:



a. Penimbangan spesimen



e. *Fluxing*



i. *Quenching*



b. Perangkaian spesimen



f. *Drying*



j. Menimbang berat lapisan



c. *Pickling*



g. Penambahan *Cromate*



k. Mengukur ketebalan lapisan



d. *Rinsing*



h. Proses *Galvanizing*

Gambar 16. Urutan Proses Pelapisan di PT Cerah Sempurna

### **3.7 Langkah-langkah Pengujian**

#### **3.7.1 Pengujian Komposisi**

Pengujian komposisi material baja karbon rendah dilakukan di Laboratorium Itokoh Ceperindo. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung dalam suatu bahan atau prosentase dari tiap unsur pembentuk bahan misalnya unsur C, Si, Fe, Cu, Mg, Al dan unsur-unsur lainnya.

Langkah pengujian komposisi adalah sebagai berikut:

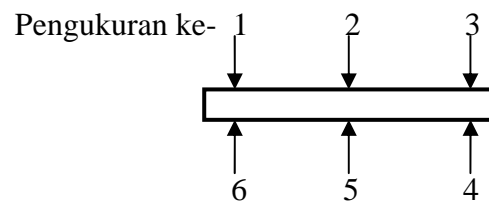
1. Spesimen yang telah dipotong dengan diameter minimal 13 mm dibersihkan permukaannya dengan cara *dipolishing* hingga halus dan rata.
2. Spesimen diletakkan pada *bed* dan dibakar dengan sejenis elektroda hingga bahan yang terkandung di dalamnya mengalami pencairan atau rekristalisasi. Proses pembakaran elektroda ini tidak boleh lebih dari tiga detik. Hasil dari proses rekristalisasi berupa pancaran cahaya yang nantinya akan ditangkap oleh suatu alat uji melalui sensor cahaya dan akan diteruskan ke dalam program komputer yang kemudian akan mencatat hasilnya. Langkah ini dilakukan sebanyak tiga kali kemudian hasilnya dirata-rata dan *diprint out*.

#### **3.7.2 Pengukuran Tebal Lapisan**

Pengukuran ketebalan lapisan merupakan salah bagian akhir dari proses pelapisan yang dilakukan di PT Cerah Sempurna. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan *thickness meter* sebagaimana terlihat pada Gambar 11. Adapun langkah-langkah pengukuran tebal lapisan yaitu:

1. Pegang spesimen di tangan kiri sedangkan *thickness meter* di tangan kanan.

- Tempelkan sensor ukur tegak lurus terhadap spesimen sehingga pada layar alat ukur akan muncul besarnya tebal lapisan yang dinyatakan dalam  $\mu\text{m}$ .
- Lakukan pengukuran sebanyak tiga kali untuk tiap bidangnya dan dilanjutkan ke bidang yang satunya lagi, sebagaimana terlihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 17. Urutan Pengukuran Tebal Lapisan

- Tekan tombol OK untuk memperoleh rata-rata hasil pengukuran.



Gambar 18. Alat Pengukur Ketebalan Lapisan

### 3.7.3 Pengujian Struktur Mikro

Langkah sebelum melakukan pengujian foto mikro adalah pemolesan. Pemolesan dengan menggunakan amplas mulai dari amplas no. 100 sampai no. 1500 kemudian diberi autosol agar lebih halus dan mengkilap. Tahap ini dilaksanakan di laboratorium bahan D3 UGM dengan menggunakan mesin

*polishing*. Setelah pemolesan selesai, baru dilakukan foto mikro terhadap bahan tersebut dengan mesin mesin foto struktur mikro.



Gambar 19. Alat Uji Struktur Mikro

Langkah-langkah pengujian struktur mikro:

1. Spesimen yang akan dilakukan uji foto mikro harus rata terhadap bidang ukur, sehingga spesimen tersebut diampelas dengan menggunakan amplas halus, kemudian melakukan *finishing* dengan menggosok spesimen menggunakan autosol.
2. Nyalakan mikroskop dengan menekan ON pada *power switch*.
3. Letakan spesimen pada *stage*.
4. Pilih cahaya yang sesuai dengan memutar *light intensity control knob*.
5. Pilih perbesaran lensa objektif dengan memutar *revolving nosepiece*.
6. Lihat gambar pada *eyepiece* yaitu pada lensa okuler.
7. Fokuskan pada gambar.
8. Pilih lokasi yang akan diinginkan dengan memutar *stage drive control knob*.

9. Pemotretan: masukan film pada kamera, pilih spesifik gambar yang akan diambil dengan *photo unit adjuster dial*, dan tekan *expose* untuk melakukan pemotretan.

#### 3.7.4 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan *Vickers* menggunakan *Micro Hardness Vickers* sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Alat Uji Kekerasan *Vickers*

Prosedur pengujian kekerasan *Vickers* adalah sebagai berikut:

1. Letakkan spesimen pada *bed* mesin uji kekerasan mikro *Vickers*.
2. Tempatkan fokus pembebanan pada daerah lapisan, kemudian dilanjutkan pada daerah *base material*.
3. Beban utama 50 gram ditambahkan secara berangsur-angsur sehingga beban akan turun dan menekan bahan uji dan penekan ditahan sampai 5 detik.
4. Beban utama kemudian dihilangkan sehingga kerucut terangkat sedikit yang akan memberikan bekas penekanan yang akan dibaca pada skala mikroskopik dengan ketelitian  $0,1 \mu\text{m}$ .

5. Penghitungan hasil uji kekerasan *Vickers* yang datanya telah dikonversikan kedalam satuan milimeter dengan rumus:

$$VHN = \frac{2.P.Sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{d^2}$$

$$= 1,854 \frac{P}{d^2} \left( \frac{kg}{mm^2} \right)$$

sehingga dihasilkan besarnya nilai *Vickers Hardness Number* (VHN).

Tabel 2. Pengujian Kekerasan

No	Suhu	Pengujian	Spesimen	Diagonal ( $\mu\text{m}$ )	Kekerasan ( $\text{g}/\text{mm}^2$ )	Rata-rata Kekerasan ( $\text{g}/\text{mm}^2$ )
1	440 °C	Lapisan Zn	1			
			2			
		Logam dasar	1			
			2			
2	450 °C	Lapisan Zn	1			
			2			
		Logam dasar	1			
			2			
3	460 °C	Lapisan Zn	1			
			2			
		Logam dasar	1			
			2			

### 3.7.5 Pengujian Laju Korosi

Pengujian laju korosi dilakukan dengan menggunakan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (asam sulfat) dengan konsentrasi 8%, 10% dan 12% yang dibagi lagi dalam dua kelompok pengujian yaitu pengujian selama 4 hari dan 10 hari. Adapun tahapannya yaitu:

## 1. Tahap Awal

Tahap awal pengujian laju korosi yaitu melakukan penimbangan awal ( $w_0$ ) spesimen dengan menggunakan timbangan digital (Gambar 15) dan pembuatan larutan uji.

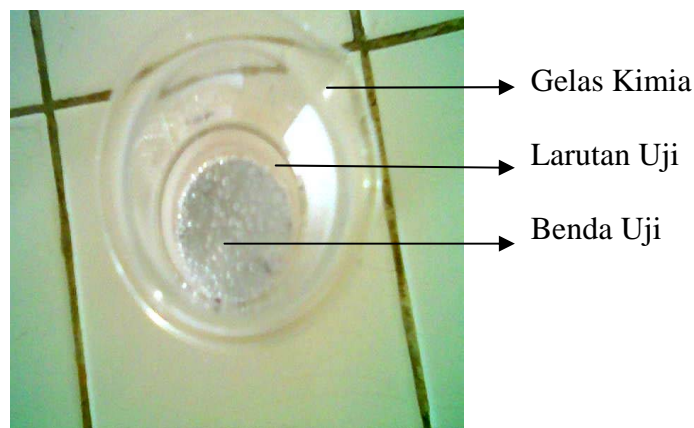
- a. Larutkan  $H_2SO_4$  murni sejumlah 8 ml dengan air murni sejumlah 92 ml sehingga diperoleh perbandingan  $H_2SO_4$  dengan air murni sebesar 8% : 92%.
- b. Larutkan  $H_2SO_4$  murni sejumlah 10 ml dengan air murni sejumlah 90 ml sehingga diperoleh perbandingan  $H_2SO_4$  dengan air murni sebesar 10% : 90%.
- c. Larutkan  $H_2SO_4$  murni sejumlah 12 ml dengan air murni sejumlah 88 ml sehingga diperoleh perbandingan  $H_2SO_4$  dengan air murni sebesar 12% : 88%.



Gambar 21. Timbangan Digital

## 2. Tahap Perendaman

Proses perendaman dibagi dalam dua kelompok yaitu perendaman selama 4 hari dan 10 hari yang dilakukan pada suhu kamar. Mulanya siapkan gelas kimia yang telah beri larutan uji kemudian masukkan spesimen ke dalamnya, ikatkan plastik sebagai penutupnya yang bertujuan agar tidak ada unsur luar yang masuk selama proses reaksi berlangsung.



Gambar 22. Mekanisme Pengujian Laju Korosi

## 3. Tahap Akhir

Tahap akhir pengujian yaitu dengan mengeluarkan spesimen dari gelas kimia, bersihkan dan dikeringkan, kemudian lakukan penimbangan akhir ( $w_i$ ) setelah dilakukan pengujian. Besarnya laju korosi dihitung dengan rumus:

$$\text{Laju Korosi} = \frac{w_o - w_i}{T} \left( \frac{\text{gr}}{\text{menit}} \right)$$

dimana  $w_o$  = Berat awal (gr)

$w_i$  = Berat setelah pengujian (gr)

T = Waktu perendaman (menit)



Hasil dari pengujian dimasukkan pada tabel berikut:

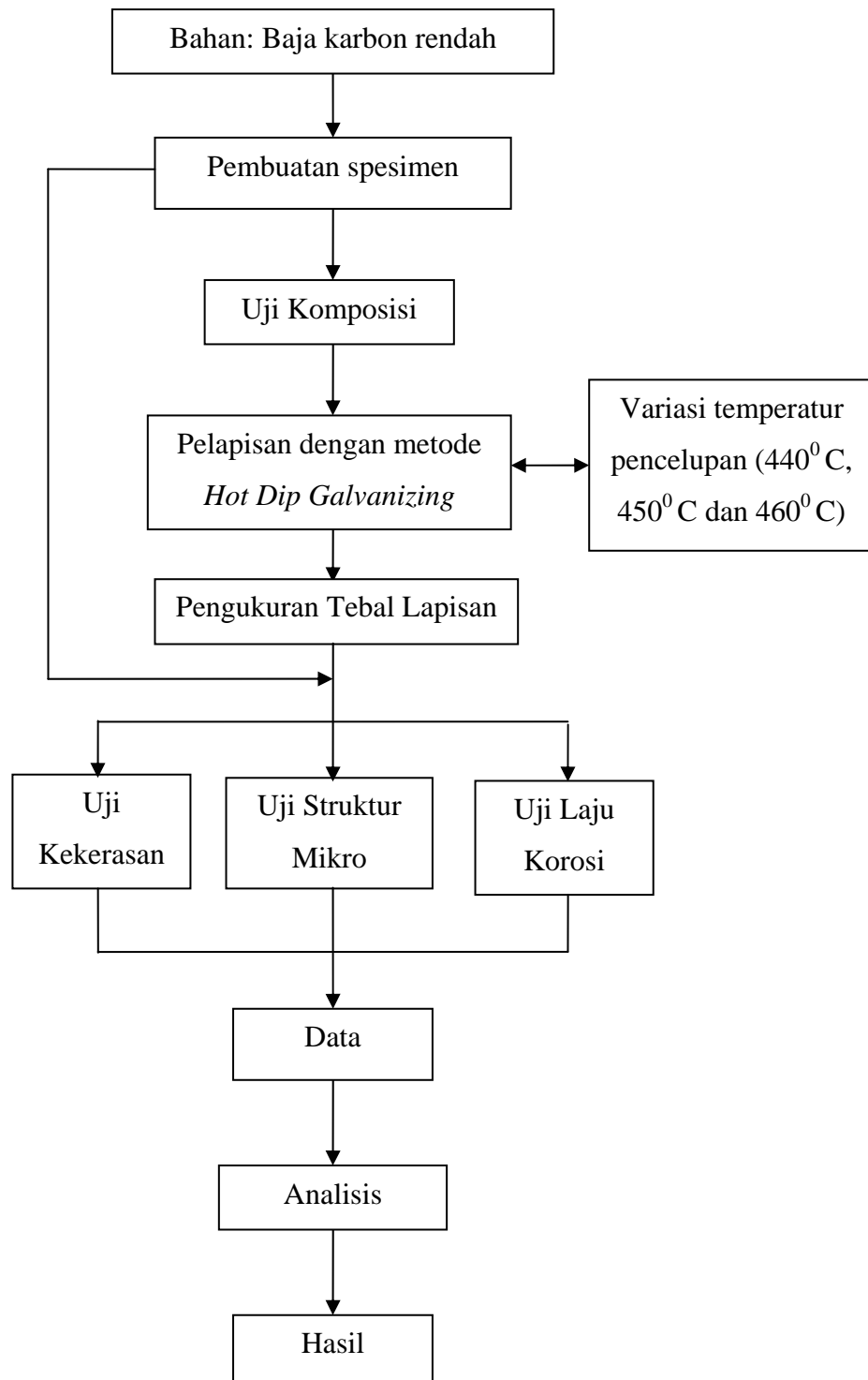
Tabel 3. Pengujian Laju Korosi

No	Konsentrasi larutan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Waktu perendaman	Benda uji	w <sub>o</sub> (gr)	w <sub>i</sub> (gr)	Laju korosi (gr/menit)
1	8%	4 hari	<i>Raw material</i>			
			440 <sup>0</sup> C			
			450 <sup>0</sup> C			
			460 <sup>0</sup> C			
		10 hari	<i>Raw material</i>			
			440 <sup>0</sup> C			
			450 <sup>0</sup> C			
			460 <sup>0</sup> C			
2	10%	4 hari	<i>Raw material</i>			
			440 <sup>0</sup> C			
			450 <sup>0</sup> C			
			460 <sup>0</sup> C			
		10 hari	<i>Raw material</i>			
			440 <sup>0</sup> C			
			450 <sup>0</sup> C			
			460 <sup>0</sup> C			
3	12%	4 hari	<i>Raw material</i>			
			440 <sup>0</sup> C			
			450 <sup>0</sup> C			
			460 <sup>0</sup> C			
		10 hari	<i>Raw material</i>			
			440 <sup>0</sup> C			
			450 <sup>0</sup> C			
			460 <sup>0</sup> C			

### 3.8 Teknik Analisis Data

Setelah data terkumpul maka langkah selanjutnya yaitu menganalisa data. Data dari hasil pengujian kemudian dimasukkan kedalam persamaan-persamaan yang ada sehingga diperoleh data yang bersifat kuantitatif yaitu data yang berupa angka-angka. Teknik analisis data dari pengaruh variasi temperature pencelupan terhadap tebal lapisan, kekerasan, laju korosi dan struktur mikro pada baja karbon rendah dengan pelapisan metode *Hot Dip Galvanizing* berupa dalam bentuk gambar, grafik dan tabel.

### 3.9 Diagram Alur Penelitian



Gambar 23. Diagram Alur Penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

#### 4.1 Pengujian Komposisi

Pengujian komposisi bertujuan untuk mengetahui kadar tiap unsur pembentuk suatu bahan. Hasil pengujian komposisi baja karbon rendah pada penelitian ini dituangkan dalam tabel berikut:

Tabel 4. Hasil uji komposisi

No	Nama Unsur	Simbol	Kadar (%)
1	Ferum	Fe	98,87
2	Sulfur	S	0,021
3	Aluminium	Al	0,00
4	Carbon	C	0,135
5	Nickel	Ni	0,094
6	Niobium	Nb	0,00
7	Silicon	Si	0,114
8	Chromium	Cr	0,048
9	Vanadium	V	0,00
10	Mangan	Mn	0,560
11	Molibdenum	Mo	<0,004
12	Tungsten	W	0,04
13	Phosphors	P	0,009
14	Cupper	Cu	0,105
15	Titanium	Ti	0,00

Pengelompokkan baja berdasarkan pada kandungan karbonnya dapat dibagi dalam tiga bagian. Baja dengan kandungan karbon kurang dari 0,30% disebut baja karbon rendah, baja dengan kadar karbon 0,30% – 0,45% disebut baja karbon sedang dan baja dengan kadar karbon 0,45% – 0,71% disebut baja karbon tinggi (Wiryosumarto, 2000: 90). Hasil pengujian komposisi menunjukkan kandungan karbon sebesar 0,135% sehingga termasuk dalam kelompok baja karbon rendah.

## 4.2 Pengukuran Tebal Lapisan

Hasil pengukuran tebal lapisan Zn dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. Hasil pengukuran tebal lapisan

### 1. Pengukuran tebal lapisan seng pada variasi suhu sekitar 440<sup>0</sup> C

Spesimen ke	Pengukuran ke (μm)						Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	
1	64,3	80,4	58,4	63,9	73,2	58,6	74,14
2	61,1	68,1	59,0	53,6	78,6	50,6	61,83
3	58,4	77,1	56,5	53,9	71,2	55,9	62,16
4	55,3	69,6	63,2	65,5	65,9	65,6	64,18
5	65,1	70,2	61,8	75,4	72,8	54,4	66,64
6	68,1	78,0	61,8	63,2	76,9	59,1	67,86
7	62,0	69,2	59,6	54,0	105	63,6	68,96
8	58,8	68,7	62,7	56,3	70,6	62,3	63,23
9	63,4	77,1	59,8	60,7	71,5	59,9	65,39
10	53,5	59,1	48,5	62,1	69,9	60,6	58,95
Tebal rata-rata							<b>65,33</b>

### 2. Pengukuran tebal lapisan seng pada variasi suhu sekitar 450<sup>0</sup> C

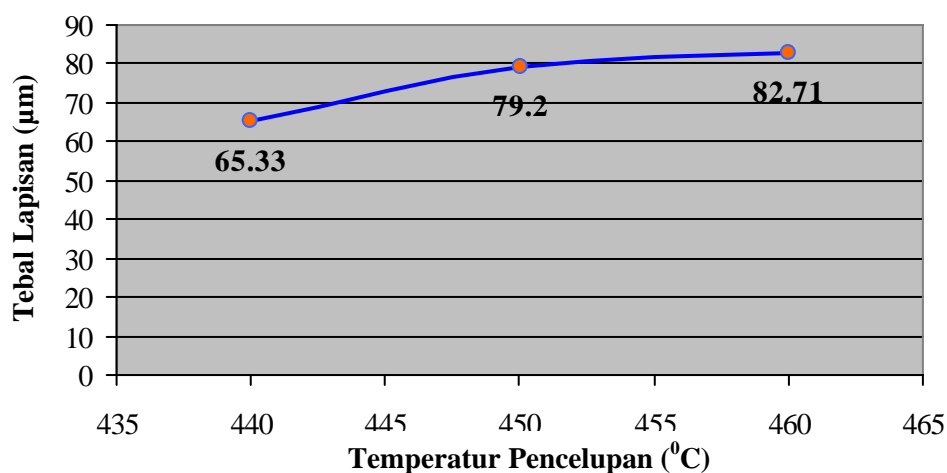
Spesimen ke	Pengukuran ke (μm)						Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	
1	76,6	78,7	74,4	67,8	71,2	72,5	73,56
2	80,2	83,5	87,2	79,6	83,4	73,7	81,23
3	80,6	83,3	81,0	83,1	85,2	87,5	83,43
4	81,4	76,0	76,4	79,2	85,8	82,0	80,14
5	89,7	79,9	77,1	71,7	82,2	80,0	81,17
6	70,7	77,9	75,1	73,1	81,1	76,1	75,66
7	84,9	73,2	77,4	81,4	76,9	76,6	78,41
8	76,2	74,1	80,8	84,1	127	77,0	86,52
9	83,0	70,8	77,8	73,0	78,7	79,5	77,12
10	67,4	69,9	71,3	77,9	82,5	79,6	74,76
Tebal rata-rata							<b>79,20</b>

### 3. Pengukuran tebal lapisan seng pada variasi suhu sekitar 460<sup>0</sup> C

Spesimen ke	Pengukuran ke (μm)						Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	
1	80,6	85,5	78,7	79,7	90,8	84,3	83,28
2	84,8	90,9	87,6	85,6	87,7	77,7	85,73
3	93,8	88,7	87,5	81,5	90,7	82,7	87,49
4	80,3	108	77,0	74,3	81,9	78,7	83,37
5	76,5	85,6	75,3	81,6	80,2	73,9	78,85
6	75,1	80,2	71,1	80,8	84,4	81,1	78,77
7	82,0	90,0	86,1	81,7	103	77,3	86,68
8	80,5	90,7	76,4	67,8	78,1	72,3	77,64
9	75,6	76,4	78,4	92,9	87,5	72,2	80,51
10	84,6	96,4	79,0	74,4	88,7	85,4	84,75
Tebal rata-rata							<b>82,71</b>

Gambar 18 menunjukkan perbedaan tebal lapisan Zn yang didasarkan pada perbedaan temperatur pencelupan. Spesimen yang dicelup pada suhu  $440^{\circ}\text{C}$  memiliki tebal lapisan Zn rata-rata sebesar  $65,33\ \mu\text{m}$ , ketebalan ini semakin naik sebesar 21,2% pada spesimen yang dicelup pada suhu  $450^{\circ}\text{C}$  dan naik sebesar 26,6% pada spesimen yang dicelup pada suhu  $460^{\circ}\text{C}$ . Hal ini sesuai dengan teori bahwa tebal lapisan dipengaruhi oleh:

- a. Kondisi permukaan
- b. Lama pencelupan
- c. Temperatur pencelupan



Gambar 24. Pengaruh temperatur pencelupan terhadap tebal lapisan Zn

Hasil pengujian ketebalan lapisan Zn menunjukkan kecenderungan meningkatnya tebal lapisan seng yang melekat pada baja seiring dengan naiknya temperatur pencelupan. Hal ini dikarenakan semakin tinggi temperatur seng akan mengakibatkan kekentalannya menjadi turun sehingga daya larutnya bertambah besar dan akan meningkatkan reaktifitas seng yang berakibat mobilitas ion-ion seng menjadi tinggi sehingga mudah berdifusi pada baja (Charles, 1996: 381).

### 4.3 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dalam penelitian ini menggunakan Alat Uji Kekerasan *Micro Vickers* dengan pembebanan sebesar 50 gram, dari hasil perhitungan nantinya akan diperoleh nilai kekerasan *Vickers* (VHN). Hasil pengujian kekerasan *Vickers* ditunjukkan dengan tabel berikut ini:

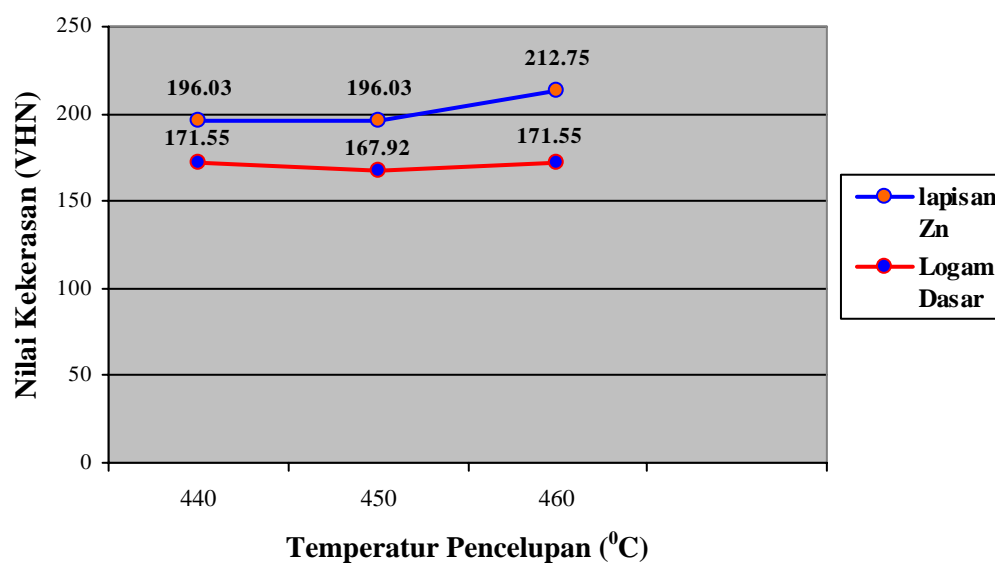
Tabel 6. Hasil pengujian kekerasan *Vickers*

No	Suhu	Pengujian	Spesimen	Diagonal ( $\mu\text{m}$ )	Kekerasan (VHN)	Rata-rata Kekerasan (VHN)
1	440 <sup>0</sup> C	Lapisan Zn	1	21.5	200.54	<b>196.03</b>
			2	22	191.53	
		Logam dasar	1	23	175.24	<b>171.55</b>
			2	23.5	167.86	
2	450 <sup>0</sup> C	Lapisan Zn	1	21	191.53	<b>196.03</b>
			2	21.5	200.54	
		Logam dasar	1	23.25	171.49	<b>167.92</b>
			2	23.75	164.34	
3	460 <sup>0</sup> C	Lapisan Zn	1	20.75	215.30	<b>212.75</b>
			2	21	210.20	
		Logam dasar	1	23	175.24	<b>171.55</b>
			2	23.5	167.86	

Gambar 25 menunjukkan besarnya nilai kekerasan *Vickers* lapisan Zn dan logam dasar terhadap temperatur pencelupan. Kenaikan variasi temperatur pencelupan akan menyebabkan nilai kekerasannya semakin naiknya dimana pada spesimen yang dicelup pada suhu 440<sup>0</sup> C dan 450<sup>0</sup> C nilai kekerasannya 196,03 VHN sedangkan pada bahan yang dicelup pada suhu 460<sup>0</sup> C mengalami kenaikan sebesar 8,53%. Nilai kekerasan *raw material* (baja karbon rendah) yang digunakan yaitu sebesar 177,40 VHN.

Baja karbon rendah yang dilapisi dengan metode *Hot Dip Galvanizing* menunjukkan adanya peningkatan nilai kekerasan dimana lapisan Zn lebih keras dibandingkan logam dasarnya. Spesimen yang dicelup pada suhu 440<sup>0</sup> C

mengalami kenaikan nilai kekerasannya sebesar 14,27% (196,03 VHN) dibandingkan logam dasarnya dan pada variasi 450<sup>0</sup> C naik sebesar 16,74% (196,03 VHN) serta spesimen yang dicelup pada suhu 460<sup>0</sup> C mengalami kenaikan sebesar 24,02% (212,75 VHN).



Gambar 25. Pengaruh temperatur pencelupan terhadap nilai kekerasan *Vickers*

Data di atas menunjukkan bahwa semakin naik temperatur pencelupannya nilai kekerasannya mengalami peningkatan, selain itu juga dengan dilakukan pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing* akan menaikkan nilai kekerasan dibandingkan logam dasarnya. Hal ini disebabkan karena pada pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing* akan menghasilkan lapisan paduan antar muka (*interface alloying*) yang terbentuk antara lapisan Zn dengan baja dalam bentuk ikatan metalurgi yang kuat dan tersusun secara berlapis-lapis yang biasa disebut fasa. Lapisan paduan tersebut yaitu lapisan Eta, Zeta, Delta dan Gamma yang

secara umum memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan logam dasarnya sebagaimana telah dijelaskan lewat Gambar 2.

#### 4.4 Pengujian Laju Korosi

Hasil pengujian laju korosi pada penelitian ini dituangkan dalam tabel berikut:

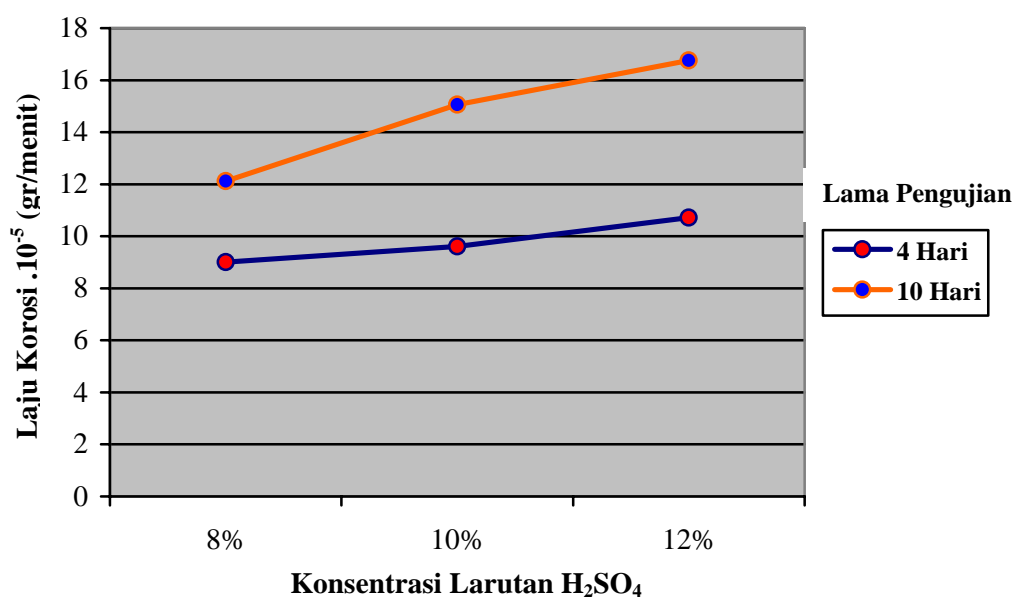
Tabel 7. Hasil pengujian laju korosi

No	Konsentrasi larutan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Waktu perendaman	Spesimen	w <sub>o</sub> (gr)	w <sub>i</sub> (gr)	Laju korosi .10 <sup>-5</sup> (gr/menit)
1	8%	4 hari	<i>Raw material</i>	23,7253	23,2067	9,00347
			440 <sup>0</sup> C	26,8854	26,2890	10,35417
			450 <sup>0</sup> C	25,8358	25,1300	12,25347
			460 <sup>0</sup> C	26,4792	25,8548	10,84028
		10 hari	<i>Raw material</i>	22,0667	20,3217	12,11806
			440 <sup>0</sup> C	28,7499	27,1053	11,42083
			450 <sup>0</sup> C	27,8399	26,8732	6,71319
			460 <sup>0</sup> C	29,6908	29,0108	4,72222
2	10%	4 hari	<i>Raw material</i>	21,1468	19,7629	9,61111
			440 <sup>0</sup> C	28,5105	27,6487	14,96181
			450 <sup>0</sup> C	29,2903	28,1881	19,13542
			460 <sup>0</sup> C	27,2497	26,2928	16,61285
		10 hari	<i>Raw material</i>	23,7895	22,9223	15,05764
			440 <sup>0</sup> C	28,3268	26,3024	14,05833
			450 <sup>0</sup> C	29,5408	28,2841	8,72708
			460 <sup>0</sup> C	27, 2443	25,7289	10,52361
3	12%	4 hari	<i>Raw material</i>	25,1688	23,6256	10,71701
			440 <sup>0</sup> C	26,2629	25,0972	20,23785
			450 <sup>0</sup> C	23,5759	22,2498	23,02257
			460 <sup>0</sup> C	28,5748	26,9655	27,93924
		10 hari	<i>Raw material</i>	22,2514	21,2863	16,75486
			440 <sup>0</sup> C	27,5724	25,0277	17,67153
			450 <sup>0</sup> C	26,8939	25,6278	8,79236
			460 <sup>0</sup> C	28,7746	27,2817	10,36736

Gambar 26 mengilustrasikan besarnya laju korosi pada baja yang tidak digalvanizing dengan lama pengujian 4 dan 10 hari terhadap kenaikan konsentrasi larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Pada pengujian laju korosi selama 4 hari dengan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebesar 8% laju korosi yang terjadi sebesar 9,00347.10<sup>-5</sup> gram/menit, nilai ini meningkatkan sebesar 6,75% pada konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10% dan naik sebesar



19,03% pada konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  12%. Pada pengujian selama 10 hari dengan konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sebesar 8% laju korosinya sebesar  $12,1181 \cdot 10^{-5}$  gram/menit, nilai ini meningkatkan sebesar 24,26% pada konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  10% dan naik 38,26% pada konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  12%.



Gambar 26. Pengaruh konsentrasi larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  terhadap laju korosi baja yang tidak digalvanizing

Data di atas juga menggambarkan adanya kenaikan laju korosi seiring dengan semakin naiknya waktu pengujian. Pada pengujian dengan konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sebesar 8% selama 4 hari laju korosinya mengalami peningkatan sebesar 34,59% pada pengujian selama 10 hari sedangkan pada konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  10% laju korosi mengalami peningkatan sebesar 56,67% dan pada konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  12% laju korosi mengalami peningkatan sebesar 56,34%.

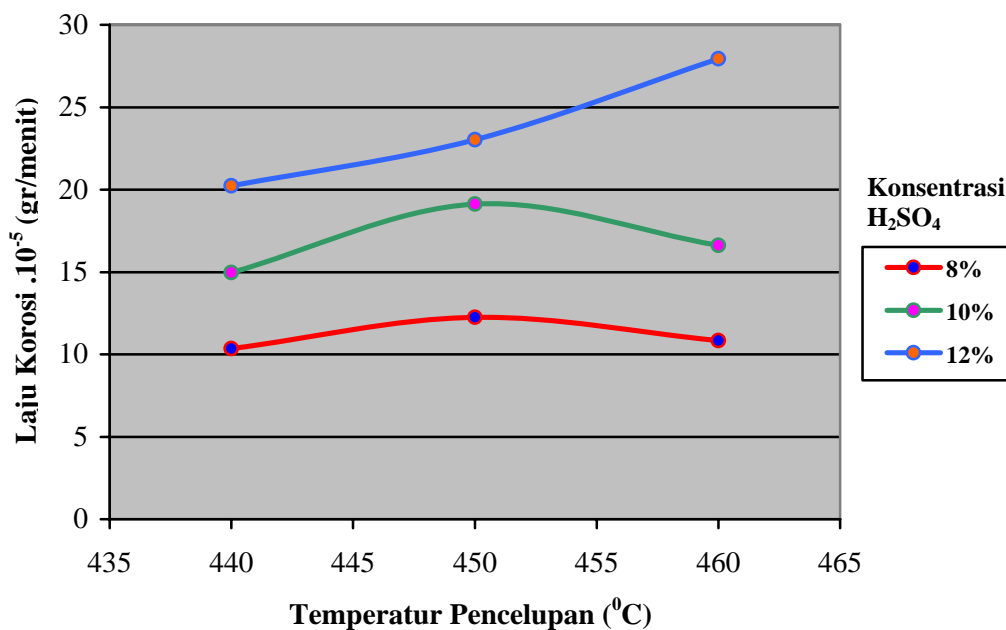
Dari sini diketahui bahwa laju korosi yang terjadi pada baja yang tidak digalvanizing mengalami kenaikan seiring dengan naiknya konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan juga terhadap lama pengujian. Larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yang semakin pekat menyebabkan

proses pengikisan menjadi semakin besar karena jumlah zat-zat korosifnya semakin banyak begitu juga semakin lama waktu pengujiannya menyebabkan proses pengikisan menjadi bertambah besar.

Gambar 27 menunjukkan pengaruh temperatur pencelupan terhadap laju korosi selama 4 hari pengujian. Baja yang digalvanizing pada suhu  $440^{\circ}\text{C}$  dengan konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  8% laju korosinya  $10,35417 \cdot 10^{-5}$  gram/menit, laju korosinya naik 44,50% pada konsentrasi 10% dan naik hingga 70,67% pada konsentrasi 12%. Pada baja yang digalvanizing pada suhu  $450^{\circ}\text{C}$  dengan konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  8% laju korosinya  $14,96181 \cdot 10^{-5}$  gram/menit, laju korosinya naik 56,16% pada konsentrasi 10% dan naik sebesar 87,89% pada konsentrasi 12%. Pada baja yang digalvanizing pada suhu  $460^{\circ}\text{C}$  dengan konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  8% laju korosinya  $20,23785 \cdot 10^{-5}$  gram/menit, laju korosinya naik 53,25% pada konsentrasi 10% dan naik hingga 157,74% pada konsentrasi 12%.

Pengujian laju korosi baja yang digalvanizing pada suhu  $440^{\circ}\text{C}$  dengan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  8% laju korosinya  $10,35417 \cdot 10^{-5}$  gram/menit, pada suhu  $450^{\circ}\text{C}$  naik sebesar 18,33% namun hanya naik 4,69% pada suhu pencelupan  $460^{\circ}\text{C}$ . Pada pengujian baja yang digalvanizing pada suhu  $440^{\circ}\text{C}$  dengan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  10% laju korosinya  $14,96181 \cdot 10^{-5}$  gram/menit, pada suhu  $450^{\circ}\text{C}$  laju korosinya naik sebesar 27,90% dan hanya naik 11,03% pada suhu pencelupan  $460^{\circ}\text{C}$ . Pada pengujian baja yang digalvanizing pada suhu  $440^{\circ}\text{C}$  dengan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  12% laju korosinya  $20,2378 \cdot 10^{-5}$  gram/menit, pada suhu  $450^{\circ}\text{C}$  naik sebesar 13,76% dan semakin naik hingga sebesar 38,05% pada suhu pencelupan  $460^{\circ}\text{C}$ .

Data di atas menunjukkan bahwa pada pengujian laju korosi selama 4 hari untuk baja yang digalvanizing pada suhu  $440^{\circ}\text{C}$  mempunyai nilai laju korosi yang terkecil bila dibandingkan dengan baja yang digalvanizing pada suhu  $450^{\circ}\text{C}$  dan  $460^{\circ}\text{C}$  baik untuk larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dengan konsentrasi 8%, 10% dan 12%.



Gambar 27. Pengaruh temperatur pencelupan terhadap laju korosi selama 4 hari

Pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing* akan menghasilkan suatu lapisan intermetalik yang dapat mengikat dengan baik antara lapisan seng dengan baja namun jika ikatan tersebut terlalu tebal akan menyebabkannya menjadi getas. Reaksi kimia yang terjadi antara Zn dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  berlangsung secara cepat saat keduanya bertemu yang ditandai dengan timbulnya gelembung-gelembung udara juga dihasilkan energi yang berupa panas, dilepaskannya belerang dioksida ( $\text{SO}_2$ ), dihasilkan garam yang berasal dari ion-ion *zinc* ( $\text{Zn}^{2+}$ ) dan dihasilkan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), namun pada pengujian laju korosi selama 4 hari garam yang dihasilkan sebagai produk reaksi belumlah nampak yang menandakan bahwa reaksi masih

berlangsung dan belum tercapai keadaan stabil. Banyak sedikitnya konsentrasi  $H_2SO_4$  juga mempengaruhi besarnya laju korosi, grafik di atas menunjukkan bahwa laju korosi cenderung naik seiring dengan kenaikan temperatur pencelupan namun turun kembali jika temperaturnya dinaikkan.

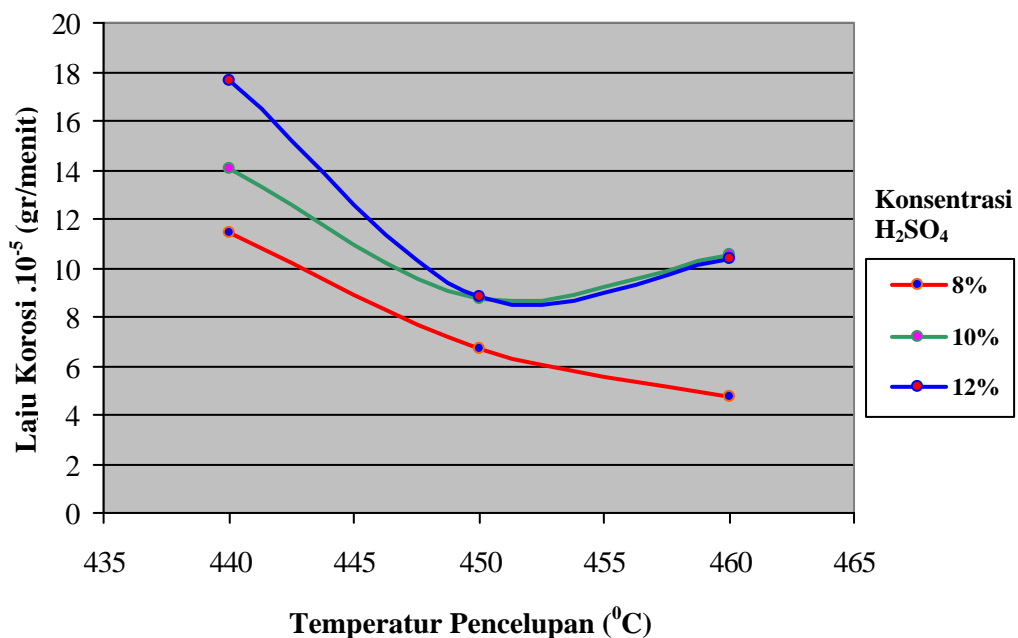
Korosi yang terbesar terjadi pada baja yang digalvanizing pada suhu  $460^0$  C dengan 12%  $H_2SO_4$ , hal ini karena pada suhu pencelupan  $460^0$  C ion-ion Zn sangat reaktif sehingga proses difusinya berupa ion-ion Zn dengan ukuran yang lebih kecil ditambah lagi larutan ujinya sangat korosif yaitu pada konsentrasi 12% sehingga proses pengikisan berlangsung sangat cepat.

Gambar 28 mengilustrasikan pengaruh temperatur pencelupan terhadap laju korosi selama 10 hari pengujian. Baja yang digalvanizing pada suhu  $440^0$  C dengan konsentrasi  $H_2SO_4$  8% laju korosinya  $11,42083 \cdot 10^{-5}$  gram/menit, naik 23,09% pada konsentrasi 10% dan naik 54,73% pada konsentrasi 12%. Pada baja yang digalvanizing pada suhu  $450^0$  C dengan konsentrasi  $H_2SO_4$  8% laju korosinya  $6,71319 \cdot 10^{-5}$  gram/menit, laju korosinya naik 29,98% pada konsentrasi 10% dan naik 30,97% pada konsentrasi 12%. Pada baja yang digalvanizing pada suhu  $460^0$  C dengan konsentrasi  $H_2SO_4$  8% laju korosinya  $4,72222 \cdot 10^{-5}$  gram/menit, laju korosinya naik 122,85% pada konsentrasi 10% dan naik 119,54% pada konsentrasi 12%.

Pengujian baja yang digalvanizing pada suhu  $440^0$  C dengan larutan  $H_2SO_4$  8% laju korosinya  $11,42083 \cdot 10^{-5}$  gram/menit, pada suhu  $450^0$  C turun 41,22% dan kembali turun sebesar 58,65% pada suhu pencelupan  $460^0$  C. Pada pengujian laju korosi baja yang digalvanizing pada suhu  $440^0$  C dengan larutan  $H_2SO_4$  10% laju

korosinya  $14,05833 \cdot 10^{-5}$  gram/menit, pada suhu  $450^{\circ}\text{C}$  turun sebesar 37,92% dan turun sebesar 25,14% pada suhu pencelupan  $460^{\circ}\text{C}$ . Pada pengujian baja yang digalvanizing pada suhu  $440^{\circ}\text{C}$  dengan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  12% laju korosinya  $17,67153$  gram/menit, pada suhu  $450^{\circ}\text{C}$  turun sebesar 50,24% dan turun sebesar 41,33% pada suhu pencelupan  $460^{\circ}\text{C}$ .

Konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yang semakin tinggi menyebabkan besarnya laju korosi yang terjadi juga semakin tinggi juga, jika pada pengujian selama 4 hari diatas bahan yang digalvanizing pada suhu  $440^{\circ}\text{C}$  memiliki nilai laju korosi yang terkecil namun jika pengujian tersebut diteruskan hingga 10 hari perbedaan tersebut akan semakin nampak. Secara umum, grafik di bawah menunjukkan bahwa baja yang digalvanizing pada suhu  $440^{\circ}\text{C}$  memiliki laju korosi yang terbesar, namun pada suhu  $450^{\circ}\text{C}$  nilainya turun dan kembali naik pada  $460^{\circ}\text{C}$ .



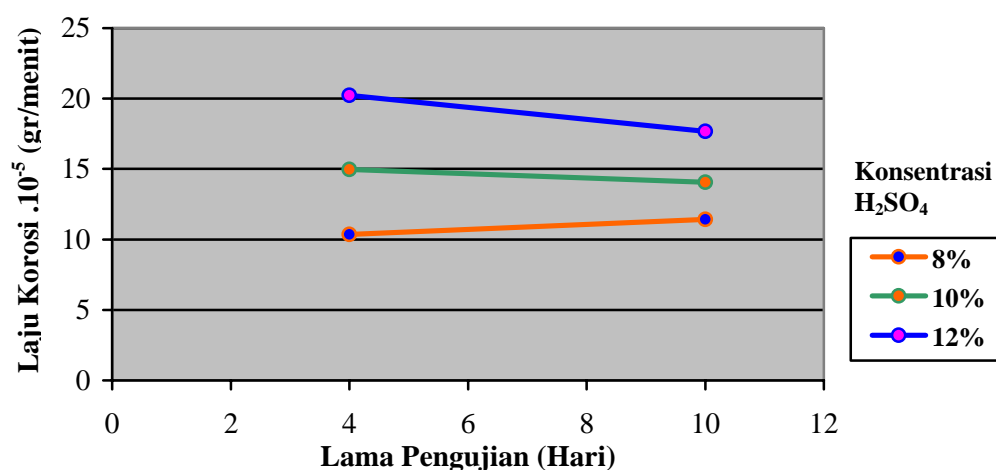
Gambar 28. Pengaruh temperatur pencelupan terhadap laju korosi selama 10 hari

Pengujian laju korosi selama 10 hari dihasilkan garam dalam jumlah yang cukup besar yang mengindikasikan bahwa reaksi yang terjadi antara baja yang digalvanizing dengan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  telah mencapai kesetimbangan. Semakin besar temperatur pencelupan ternyata menghasilkan besar laju korosi yang berbeda-beda, dimana bahan dengan variasi suhu  $440^\circ\text{C}$  memiliki laju korosi yang terbesar yang disebabkan pada suhu tersebut seng masih relatif kental (viskositas masih tinggi) sehingga seng yang menempel pada baja disebabkan karena bersentuhannya antara keduanya sehingga pergerakan ion logam seng masih terbatas dan seng yang menempel pada baja masih relatif kecil sehingga apabila terjadi korosi lapisan seng tersebut lebih mudah untuk terkikis yang disebabkan oleh daya rekatnya yang masih belum terlalu kuat.

Baja yang dicelup pada suhu  $450^\circ\text{C}$  mempunyai nilai laju korosi pada daerah rata-rata, hal ini dikarenakan pergerakan ion logam seng sudah baik sehingga lapisan yang menempel telah dapat berikatan dan menempel dengan baik, sedangkan pada baja yang digalvanizing pada suhu  $460^\circ\text{C}$  dengan konsentrasi 8%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  memiliki korosi yang terkecil hal ini dikarenakan konsentrasi larutan uji tidak terlalu korosif sehingga proses pengikisannya lebih sedikit dibandingkan dengan yang lainnya.

Gambar 29 menerangkan pengaruh lama pengujian terhadap besarnya laju korosi pada baja yang digalvanizing pada suhu  $440^\circ\text{C}$ . Baja galvanizing yang diuji dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  8% laju korosinya mengalami kenaikan 10,30% pada 10 hari pengujian dibandingkan 4 hari pengujian, pada pengujian dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  10% mengalami penurunan 6,04% pada 10 hari pengujian dibandingkan 4 hari

pengujian dan pada pengujian dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 12% mengalami penurunan 12,68% pada 10 hari pengujian dibandingkan 4 hari pengujian. Grafik di bawah menunjukkan kenaikan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> menyebabkan laju korosi semakin lama akan semakin kecil seiring dengan bertambahnya waktu pengujian.



Gambar 29. Pengaruh lama pengujian terhadap laju korosi pada variasi pencelupan 440<sup>0</sup> C

Kenaikan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ternyata menyebabkan laju korosi yang terjadi semakin kecil mengalami penurunan yang paling besar, hal ini disebabkan dengan semakin naiknya konsentrasi larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> berarti tingkat korosifnya semakin besar sehingga reaksi kimia yang terjadi akan berlangsung secara cepat namun halnya bila hal ini diteruskan akan berakibat daya korosifnya akan berkurang secara cepat.

Pengujian dengan 8% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> reaksi yang terjadi belumlah setimbang, hal ini karena dengan konsentrasi tersebut proses pengikisan berlangsung secara lambat dibandingkan dengan konsentrasi yang lainnya, sehingga ketika pada pengujian yang lain reaksinya telah setimbang, pada konsentrasi 8% tersebut kesetimbangan belumlah tercapai.

Perlindungan terhadap korosi oleh Zn terhadap baja yang menjadi substratnya merupakan jenis proteksi katodik dengan metode anoda tumbal (*sacrificial anode method*), hal ini karena adanya perbedaan potensial elektrokimia antara baja dengan seng (potensial oksidasi Zn lebih tinggi dibandingkan baja) sehingga saat terjadi proses oksidasi dengan larutan  $H_2SO_4$  maka lapisan seng akan menjadi bahan yang dikorbankan (*sacrificial waster*) sedangkan baja yang lebih mulia laju korosinya akan terhambat. Saat proses oksidasi terjadi, maka gas dan kelembaban di sekitar bagian bawah seng akan menghasilkan sebuah lapisan pelindung yang berasal dari *zinc oxide* dan *hydroxide*.

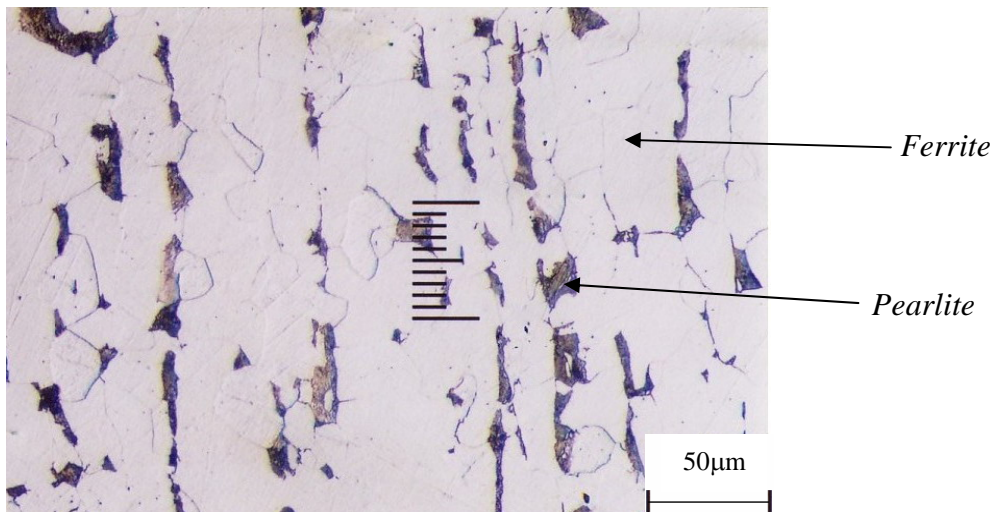
Pengujian laju korosi dengan menggunakan larutan uji  $H_2SO_4$  ternyata kurang tepat digunakan, hal ini karenakan Zn akan dengan mudah mengkorosi lapisan Zn dengan melepaskan ion-ion *zinc* ( $Zn^{2+}$ ) dengan turut melepaskan  $SO_2$ . Jika proses pengujian dilakukan di daerah terbuka maka pembuktian tujuan dari pelapisan yaitu untuk melindungi logam yang dilapisi dari proses korosi dapat dilakukan, pada daerah terbuka akan terjadi proses oksidasi (proses reaksi dengan oksigen) yang merupakan faktor utama penyebab korosi. Baja yang penyusun utamanya adalah besi akan lebih mudah teroksidasi dibandingkan Zn, sehingga proses perlindungan terhadap korosi dapat dengan tepat dilakukan untuk material yang berada pada daerah terbuka dibandingkan pada lingkungan air.

Korosi yang terjadi pada logam baja yang digalvanizing dengan Zn termasuk dalam jenis korosi merata (*general corrosion*) yaitu proses korosi yang terjadi pada suatu logam yang terjadi secara menyeluruh.



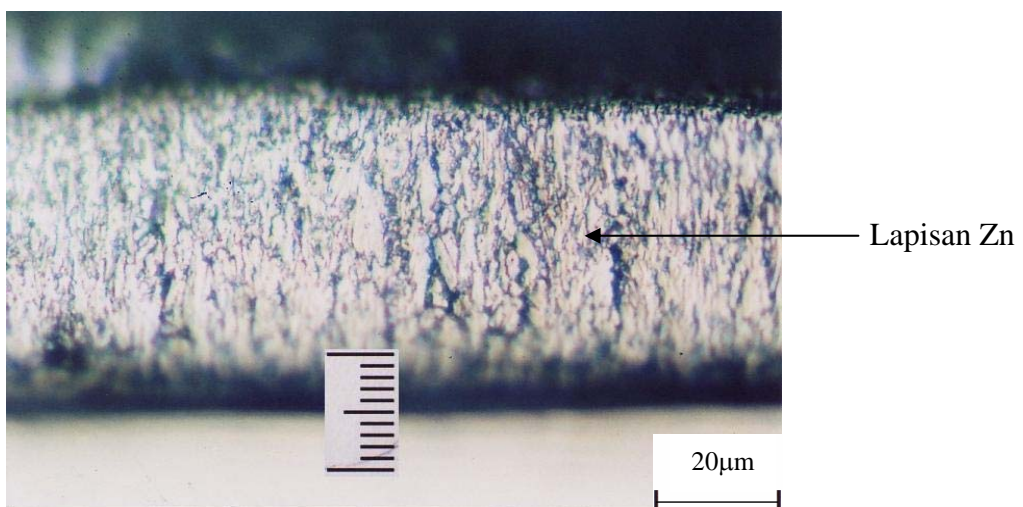
#### 4.5 Pengujian Struktur Mikro

Berikut ini adalah foto struktur mikro hasil pemotretan spesimen uji untuk setiap jenis perlakuan:

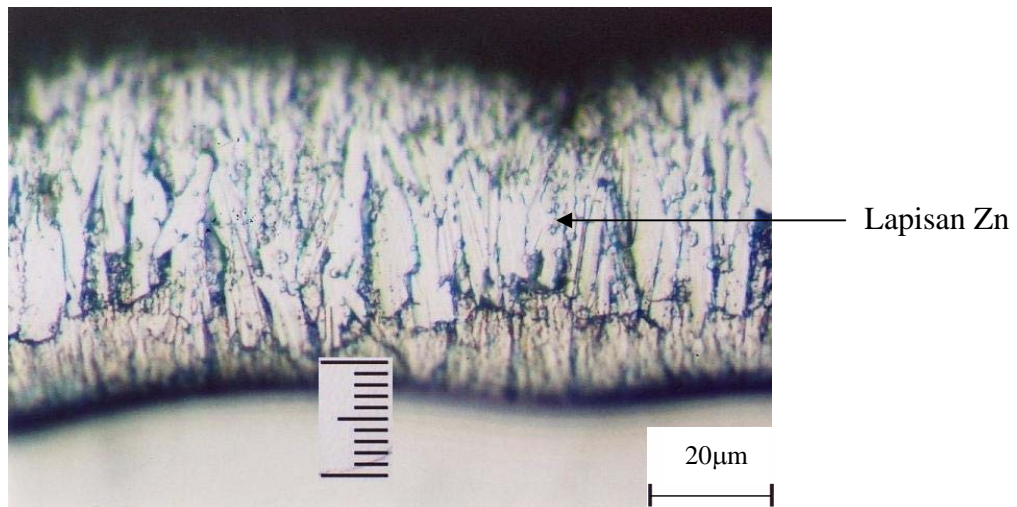


Gambar 30. Struktur mikro spesimen *raw material* sebelum digalvanizing

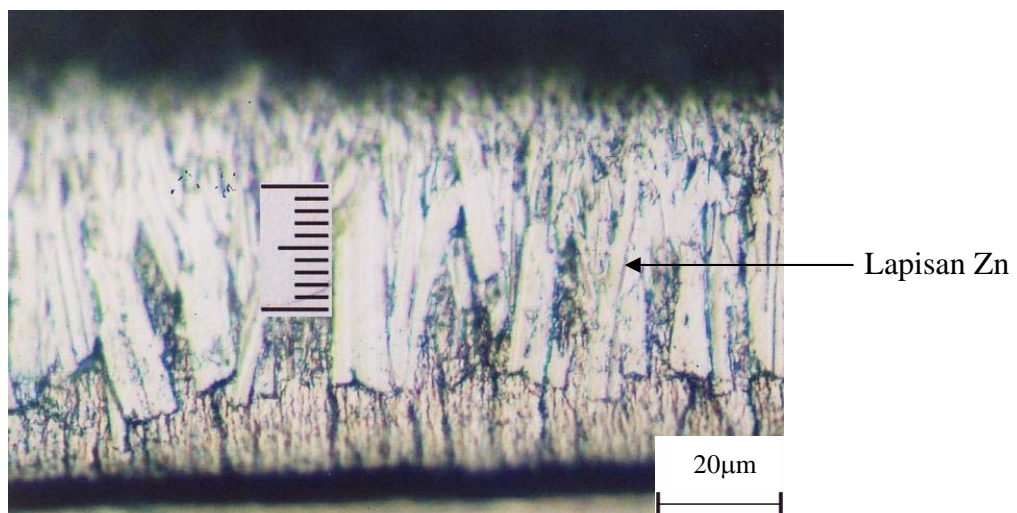
Gambar 30 mengilustrasikan hasil pengujian foto mikro pada spesimen *raw material* yang menunjukkan dominasi kristal *ferrite* yang nampak berwarna putih (terang) terhadap kristal *pearlite* yang berwarna hitam (gelap). Dominasi ini menunjukkan bahwa *raw material* merupakan logam yang tidak terlalu keras dalam hal ini berupa baja karbon rendah.



Gambar 31. Struktur Mikro Lapisan Zn Variasi Temperatur Pencelupan 440<sup>0</sup> C



Gambar 32. Struktur Mikro Lapisan Zn Variasi Temperatur Pencelupan 450<sup>0</sup> C



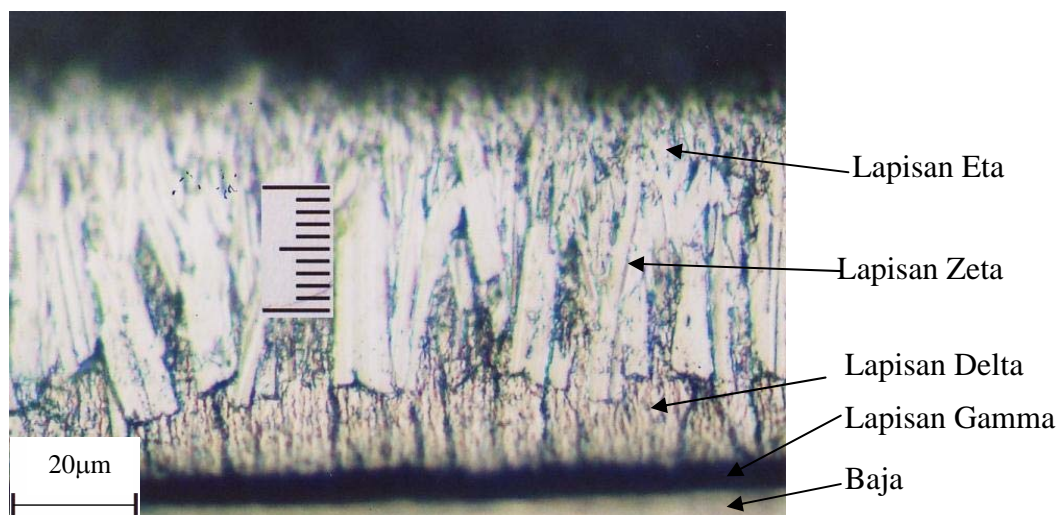
Gambar 33. Struktur Mikro Lapisan Zn Variasi Temperatur Pencelupan 460<sup>0</sup> C

Gambar 31, 32 dan 33 merupakan foto mikro dari baja yang digalvanizing dengan variasi temperatur pencelupan. Foto di atas menunjukkan bahwa lapisan Zn dapat menempel dengan baik pada baja, dan lapisan seng yang menempel mengalami kenaikan ketebalan seiring dengan naiknya temperatur pencelupan dari 440<sup>0</sup> C hingga 460<sup>0</sup> C.

Pengujian struktur mikro pada suhu 440<sup>0</sup> C terlihat bahwa struktur lapisan Zn tidak terbentuk secara merata namun pada spesimen yang digalvanizing pada

suhu  $450^{\circ}\text{C}$  dan  $460^{\circ}\text{C}$  pembentukan struktur lapisan Zn dapat terbentuk secara merata. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur pencelupannya maka lapisan paduan Zn dan baja yang dihasilkan susunan struktur lapisan paduannya akan semakin kelihatan.

Gambar 34 memperlihatkan karakteristik lapisan seng yang menempel pada permukaan baja. Lapisan tersebut terbentuk disebabkan karena lapisan seng murni yang berdifusi (masuk ke dalam baja) saat proses pencelupan dilakukan yang nantinya akan membentuk lapisan paduan antar muka (*interface alloying*) antara seng dengan baja. Gambar tersebut menunjukkan bahwa pada pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing* pada saat spesimen dicelupkan pada seng cair yang panas terjadi proses difusi, yaitu proses pemasukan ion-ion logam Zn ke dalam struktur baja sehingga akan diperoleh lapisan paduan yang terdiri oleh sejumlah Zn dan besi.



Gambar 34. Struktur mikro lapisan Zn dan baja hasil proses *Hot Dip Galvanizing*

Proses *Hot Dip Galvanizing* akan menghasilkan susunan struktur lapisan sebagai berikut:

1. Lapisan Eta

Lapisan ini merupakan lapisan terluar yang tersusun oleh 100% seng yang memiliki kekerasan sebesar 70 DPN.

2. Lapisan Zeta

Lapisan ini terdiri dari sekitar 94% seng dan 6% besi yang memiliki kekerasan sebesar 179 DPN.

3. Lapisan Delta

Lapisan ini terdiri dari sekitar 90% seng dan 10% besi yang memiliki kekerasan sebesar 244 DPN.

4. Lapisan Gamma

Lapisan ini terdiri dari sekitar 75% seng dan 25% besi yang memiliki kekerasan sebesar 250 DPN.

5. Baja yang merupakan logam dasar bahan yang digalvanizing.

Besarnya kandungan unsur Zn dan besi di setiap lapisannya diukur dengan menggunakan uji komposisi, yaitu sebuah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak jumlah suatu kandungan unsur yang terdapat pada suatu logam. Nilai kekerasan di setiap lapisan yang terbentuk diukur dengan menggunakan kekerasan mikro *Vickers* yang nantinya akan dinyatakan dalam VHN (*Vickers Hardness Number*) atau dapat pula ditulis dengan DPN (*Diamond Pyramid Number*), hal ini dikarenakan indentor yang digunakan berupa berlian yang bentuknya menyerupai piramid.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Simpulan

Simpulan yang dapat ditarik berdasarkan hasil-hasil penelitian diatas adalah sebagai berikut:

1. Tebal lapisan seng mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan variasi temperatur pencelupan pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing*. Pada spesimen yang dicelup pada suhu 440<sup>0</sup> C tebal lapisan seng 65,33  $\mu\text{m}$ , pada suhu 450<sup>0</sup> C tebalnya menjadi 79,20  $\mu\text{m}$  dan pada suhu 460<sup>0</sup> C tebalnya 82,71  $\mu\text{m}$ .
2. Nilai kekerasan bahan yang digalvanizing mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan temperatur pencelupan. Spesimen yang digalvanizing pada suhu 440<sup>0</sup> C dan 450<sup>0</sup> C nilai kekerasannya 196,03 VHN dan pada suhu 460<sup>0</sup> C nilai kekerasannya 212,75 VHN.
3. Laju korosi pada baja yang tidak digalvanizing semakin naik seiring dengan kenaikan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> maupun terhadap lama pengujian. Pada pengujian selama 4 hari kenaikan temperatur pencelupan menyebabkan naiknya laju korosi namun kembali turun pada suhu 460<sup>0</sup> C. Pada pengujian selama 10 hari kenaikan temperatur pencelupan menyebabkan laju korosi semakin turun namun naik pada suhu 460<sup>0</sup> C. Pada pada spesimen yang digalvanizing pada suhu 440<sup>0</sup> C menunjukkan penurunan laju korosinya seiring meningkatnya lama pengujian.

4. Kenaikan temperatur pencelupan akan menyebabkan pembentukan susunan struktur mikro lapisan Zn akan semakin baik dan merata, yaitu lapisan Eta, Zeta, Delta dan Gamma.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang dapat diberikan yaitu:

1. Penelitian *Hot Dip Galvanizing* yang berikutnya sebaiknya dilakukan dengan menggunakan alat-alat yang lebih presisi seperti *heater electric* yang dihubungkan dengan *thermokopel* yang dimaksudkan agar temperatur pencelupan dapat dijaga secara konstan sehingga hasil pencelupan dapat maksimal.
2. Kenaikan temperatur pencelupan pada pelapisan dengan metode *Hot Dip Galvanizing* akan menghasilkan tebal lapisan, nilai kekerasan, laju korosi dan struktur mikro yang berbeda-beda sehingga perlu diperhatikan maksud dan penggunaan bahan yang dicelup, misal: untuk material yang akan diletakkan di daerah pinggir pantai dengan waktu pakai 5 tahun maka tebalnya harus lebih besar dari 80  $\mu\text{m}$  karena laju korosi di pinggir pantai 8-15  $\mu\text{m}$  pertahun.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto Suharsimi. 1997. *Prosedur Penelitian : Suatu Pendekatan Praktek*. Edisi kelima. Jakarta: Rineka Cipta
- Charles W Keenan, Kleinfelter. 1996. *Kimia untuk Universitas*. Jakarta: Erlangga
- Dagun Save M. 2005. *Kamus Besar Ilmu Pengetahuan*. Edisi keempat. Jakarta: Lembaga Pengkajian Kebudayaan Nusantara
- Daryanto.1985. *Mekanika Teknik Mesin*. Jakarta : PT Bina Aksara
- Depdikbud. 1987. *Petunjuk Penyusunan Skripsi Mahasiswa Program SI IKIP Semarang*. Semarang: IKIP Press
- Fontana Mars G, Greene Norbert D. 1985. *Corrosion Engineering*. Second edition. Singapura: McGraw Hill
- Henkel Daniel, Pense Alan W. 2002. *Structure and Properties of Engineering Materials*. Fifth edition. Amerika: McGraw Hill
- Svehla G. 1990. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Jakarta: PT Kalman Media Pustaka
- Smallman R E. 1991. *Metalurgi Fisik Modern*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Sulistyo, Bambang Widyanto, Nevi Zond Chatab. 1997. *Penerapan Sistem Manajemen Mutu Industri Pengecoran dan Galvaniz Menuju Seri SNI 19.90000 (150.9000)*. Semarang: UNDIP
- Supardi Rahmat. 1997. *Korosi*. Bandung: Tarsito
- Surdia Tata, Saito Shinroku. 2000. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Edisi kelima. Jakarta: PT Pradnya Paramitha
- Trethewey Kenneth R, Chamberlain John. 1991. *Korosi : untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Wirjosumarto Harsono, Okumura Toshie. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: PT Pradnya Paramita

LAMP IRAN



COMPANY		: PT. ITOKOH CEPERINDO		
SAMPLE NAME		: BAJA KARBON RENDAH-M RIDWAN-UNNES		
FURNACE		: LA1826B-01/37		
OPERATOR		: EKO C.		
Afloy	: SC	Mode	: PA	4-Jan-1980
		Time	16:25	

Burn 1							
Fe	98.86	C	0.135	Si	0.117	Mn	0.566
S	0.021	Ni	0.098	Cr	0.049	Mo	< 0.004
Al	< 0.000	Nb	0.00	V	< 0.00	W	0.04
							P
							Cu
							Ti
Burn 2							
Fe	98.86	C	0.137	Si	0.112	Mn	0.554
S	0.021	Ni	0.100	Cr	0.046	Mo	< 0.004
Al	< 0.000	Nb	0.00	V	< 0.00	W	0.04
							P
							Cu
							Ti
Burn 3							
Fe	98.87	C	0.133	Si	0.114	Mn	0.559
S	0.021	Ni	0.086	Cr	0.048	Mo	< 0.004
Al	< 0.000	Nb	0.00	V	< 0.00	W	0.04
							P
							Cu
							Ti
Average							
Fe	98.87	C	0.135	Si	0.114	Mn	0.560
S	0.021	Ni	0.094	Cr	0.048	Mo	< 0.004
Al	< 0.000	Nb	0.00	V	< 0.00	W	0.04
							P
							Cu
							Ti

PT. ITOKOH CEPERINDO



**LABORATORIUM BAHAN TEKNIK**  
PROGRAM DIPLOMA TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
**UNIVERSITAS GADJAH MADA**

**HARGA KEKERASAN VICKERS**

**Spes. Baja**

No	Posisi	D1	D2	D rata-rata	Kekerasan (HVN)
1	Acak	0.64	0.64	0.64	181.09
2	Acak	0.65	0.65	0.65	175.56
3	Acak	0.65	0.65	0.65	175.56



**Keterangan:**

1. Menggunakan beban 40 kg
2. Satuan pengukuran diagonal jejak indentor dalam mm
3. Pengujian dilakukan pada tanggal 21 Agustus 2007

Lembar asli, tidak untuk digandakan

**PERHITUNGAN KEKERASAN**

$$VHN = \frac{2.P.\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{d^2} = 1,854 \frac{P}{d^2} \left( \frac{kg}{mm^2} \right)$$

**Kekerasan raw material**

$$P = 40 \text{ kg}$$

a. Titik 1

$$d = 0,64 \text{ mm}$$

$$VHN = 1,854 \frac{40}{0,64^2} = 181,09 \frac{kg}{mm^2}$$

b. Titik 2

$$d = 0,65 \text{ mm}$$

$$VHN = 1,854 \frac{40}{0,65^2} = 175,56 \frac{kg}{mm^2}$$

c. Titik 3

$$d = 0,65 \text{ mm}$$

$$VHN = 1,854 \frac{40}{0,65^2} = 175,56 \frac{kg}{mm^2}$$

**Lapisan Zn dan Logam dasar**

$$P = 50 \text{ gram} = 0,05 \text{ kg}$$

**1. Spesimen Suhu 440<sup>0</sup> C**

a. Lapisan Zn Spesimen 1

$$d = 21,5 \mu\text{m} = 0,0215 \text{ mm}$$

$$VHN = 1,854 \frac{0,05}{0,0215^2} = 200,54 \frac{kg}{mm^2}$$

b. Lapisan Zn Spesimen 2

$$d = 22 \mu\text{m} = 0,022 \text{ mm}$$

$$\text{VHN} = 1,854 \frac{0,05}{0,022^2} = 191,53 \text{ kg/mm}^2$$

c. Logam Dasar Spesimen 1

$$d = 23 \mu\text{m} = 0,023 \text{ mm}$$

$$\text{VHN} = 1,854 \frac{0,05}{0,023^2} = 175,24 \text{ kg/mm}^2$$

d. Logam Dasar Spesimen 2

$$d = 23,5 \mu\text{m} = 0,0235 \text{ mm}$$

$$\text{VHN} = 1,854 \frac{0,05}{0,0235^2} = 167,86 \text{ kg/mm}^2$$

## 2. Spesimen Suhu 450<sup>0</sup> C

a. Lapisan Zn Spesimen 1

$$d = 21 \mu\text{m} = 0,021 \text{ mm}$$

$$\text{VHN} = 1,854 \frac{0,05}{0,021^2} = 191,53 \text{ kg/mm}^2$$

b. Lapisan Zn Spesimen 2

$$d = 21,5 \mu\text{m} = 0,0215 \text{ mm}$$

$$\text{VHN} = 1,854 \frac{0,05}{0,0215^2} = 200,54 \text{ kg/mm}^2$$

c. Logam Dasar Spesimen 1

$$d = 23,25 \mu\text{m} = 0,02325 \text{ mm}$$

$$\text{VHN} = 1,854 \frac{0,05}{0,02325^2} = 171,49 \text{ kg/mm}^2$$

d. Logam Dasar Spesimen 2

$$d = 23,75 \mu\text{m} = 0,02375 \text{ mm}$$

$$\text{VHN} = 1,854 \frac{0,05}{0,02375^2} = 164,34 \text{ kg/mm}^2$$

### 3. Spesimen Suhu 460<sup>0</sup> C

a. Lapisan Zn Spesimen 1

$$d = 20,75 \mu\text{m} = 0,02075 \text{ mm}$$

$$\text{VHN} = 1,854 \frac{0,05}{0,02075^2} = 215,3 \text{ kg/mm}^2$$

b. Lapisan Zn Spesimen 2

$$d = 21 \mu\text{m} = 0,021 \text{ mm}$$

$$\text{VHN} = 1,854 \frac{0,05}{0,021^2} = 191,53 \text{ kg/mm}^2$$

c. Logam Dasar Spesimen 1

$$d = 23 \mu\text{m} = 0,023 \text{ mm}$$

$$\text{VHN} = 1,854 \frac{0,05}{0,023^2} = 175,24 \text{ kg/mm}^2$$

d. Logam Dasar Spesimen 2

$$d = 23,5 \mu\text{m} = 0,0235 \text{ mm}$$

$$\text{VHN} = 1,854 \frac{0,05}{0,0235^2} = 167,86 \text{ kg/mm}^2$$

**PERHITUNGAN LAJU KOROSI**

$$\text{Laju Korosi} = \frac{w_o - w_i}{T} \left( \frac{\text{gr}}{\text{menit}} \right)$$

$$T_1 = 4 \text{ hari} = 5760 \text{ menit}$$

$$T_2 = 10 \text{ hari} = 14400 \text{ menit}$$

**1. Konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 8%**a. *Raw material*

$$w_o = 23,7253 \text{ gr} \qquad w_i = 23,2067 \text{ gr}$$

$$\text{Laju Korosi} = \frac{23,7253 - 23,2067}{5760} = 9,00347 \cdot 10^{-5} \text{ gr}/\text{menit}$$

b. Suhu pencelupan 440<sup>0</sup> C

$$w_o = 26,8854 \text{ gr} \qquad w_i = 26,2890 \text{ gr}$$

$$\text{Laju Korosi} = \frac{26,8854 - 26,2890}{5760} = 10,35417 \cdot 10^{-5} \text{ gr}/\text{menit}$$

c. Suhu pencelupan 450<sup>0</sup> C

$$w_o = 25,8358 \text{ gr} \qquad w_i = 25,1300 \text{ gr}$$

$$\text{Laju Korosi} = \frac{25,8358 - 25,1300}{5760} = 12,25347 \cdot 10^{-5} \text{ gr}/\text{menit}$$

d. Suhu pencelupan 460<sup>0</sup> C

$$w_o = 26,4792 \text{ gr} \qquad w_i = 25,8548 \text{ gr}$$

$$\text{Laju Korosi} = \frac{26,4792 - 25,8548}{5760} = 10,84028 \cdot 10^{-5} \text{ gr}/\text{menit}$$

e. *Raw material*

$$w_0 = 22,0667 \text{ gr} \qquad w_i = 20,3217 \text{ gr}$$

$$\text{Laju Korosi} = \frac{22,0667 - 20,3217}{14400} = 12,11806 \cdot 10^{-5} \text{ gr}/\text{menit}$$

f. Suhu pencelupan  $440^{\circ} \text{C}$

$$w_0 = 28,7499 \text{ gr} \qquad w_i = 27,1053 \text{ gr}$$

$$\text{Laju Korosi} = \frac{28,7499 - 27,1053}{14400} = 11,42083 \cdot 10^{-5} \text{ gr}/\text{menit}$$

g. Suhu pencelupan  $450^{\circ} \text{C}$

$$w_0 = 27,8399 \text{ gr} \qquad w_i = 26,8732 \text{ gr}$$

$$\text{Laju Korosi} = \frac{27,8399 - 26,8732}{14400} = 6,71319 \cdot 10^{-5} \text{ gr}/\text{menit}$$

h. Suhu pencelupan  $460^{\circ} \text{C}$

$$w_0 = 29,6908 \text{ gr} \qquad w_i = 29,0108 \text{ gr}$$

$$\text{Laju Korosi} = \frac{29,6908 - 29,0108}{14400} = 4,72222 \cdot 10^{-5} \text{ gr}/\text{menit}$$

## 2. Konsentrasi $\text{H}_2\text{SO}_4$ 10%

a. *Raw material*

$$w_0 = 23,7896 \text{ gr} \qquad w_i = 23,2360 \text{ gr}$$

$$\text{Laju Korosi} = \frac{23,7896 - 23,2360}{5760} = 9,61111 \cdot 10^{-5} \text{ gr}/\text{menit}$$

b. Suhu pencelupan 440<sup>0</sup> C

$$w_0 = 28,5105 \text{ gr} \quad w_i = 27,6487 \text{ gr}$$

$$\text{Laju Korosi} = \frac{28,5105 - 27,6487}{5760} = 14,96181 \cdot 10^{-5} \text{ gr}/\text{menit}$$

c. Suhu pencelupan 450<sup>0</sup> C

$$w_0 = 29,2903 \text{ gr} \quad w_i = 28,1881 \text{ gr}$$

$$\text{Laju Korosi} = \frac{29,2903 - 28,1881}{5760} = 19,13542 \cdot 10^{-5} \text{ gr}/\text{menit}$$

d. Suhu pencelupan 460<sup>0</sup> C

$$w_0 = 27,2497 \text{ gr} \quad w_i = 26,2928 \text{ gr}$$

$$\text{Laju Korosi} = \frac{27,2497 - 26,2928}{5760} = 16,61285 \cdot 10^{-5} \text{ gr}/\text{menit}$$

e. *Raw material*

$$w_0 = 25,1688 \text{ gr} \quad w_i = 23,0005 \text{ gr}$$

$$\text{Laju Korosi} = \frac{25,1688 - 23,0005}{14400} = 15,05764 \cdot 10^{-5} \text{ gr}/\text{menit}$$

f. Suhu pencelupan 440<sup>0</sup> C

$$w_0 = 28,3268 \text{ gr} \quad w_i = 26,3024 \text{ gr}$$

$$\text{Laju Korosi} = \frac{28,3268 - 26,3024}{14400} = 14,05833 \cdot 10^{-5} \text{ gr}/\text{menit}$$

g. Suhu pencelupan 450<sup>0</sup> C

$$w_0 = 29,5408 \text{ gr} \quad w_i = 28,2841 \text{ gr}$$

$$\text{Laju Korosi} = \frac{29,5408 - 28,2841}{14400} = 8,72708 \cdot 10^{-5} \text{ gr}/\text{menit}$$



h. Suhu pencelupan  $460^{\circ}\text{C}$

$$w_0 = 27,2443 \text{ gr} \qquad w_i = 25,7289 \text{ gr}$$

$$\text{Laju Korosi} = \frac{27,2443 - 25,7289}{14400} = 10,52361 \cdot 10^{-5} \text{ gr}/\text{menit}$$

### 3. Konsentrasi $\text{H}_2\text{SO}_4$ 12%

a. *Raw material*

$$w_0 = 22,2514 \text{ gr} \qquad w_i = 21,6341 \text{ gr}$$

$$\text{Laju Korosi} = \frac{22,2514 - 21,6341}{5760} = 10,71701 \cdot 10^{-5} \text{ gr}/\text{menit}$$

b. Suhu pencelupan  $440^{\circ}\text{C}$

$$w_0 = 26,2629 \text{ gr} \qquad w_i = 25,0972 \text{ gr}$$

$$\text{Laju Korosi} = \frac{26,2629 - 25,0972}{5760} = 20,23785 \cdot 10^{-5} \text{ gr}/\text{menit}$$

c. Suhu pencelupan  $450^{\circ}\text{C}$

$$w_0 = 23,5759 \text{ gr} \qquad w_i = 22,2498 \text{ gr}$$

$$\text{Laju Korosi} = \frac{23,5759 - 22,2498}{5760} = 23,02257 \cdot 10^{-5} \text{ gr}/\text{menit}$$

d. Suhu pencelupan  $460^{\circ}\text{C}$

$$w_0 = 28,5748 \text{ gr} \qquad w_i = 26,9655 \text{ gr}$$

$$\text{Laju Korosi} = \frac{28,5748 - 26,9655}{5760} = 27,93924 \cdot 10^{-5} \text{ gr}/\text{menit}$$

e. *Raw material*

$$w_0 = 21,1468 \text{ gr} \qquad w_i = 18,7341 \text{ gr}$$

$$\text{Laju Korosi} = \frac{21,1468 - 18,7341}{14400} = 16,75486 \cdot 10^{-5} \text{ gr}/\text{menit}$$

f. Suhu pencelupan  $440^{\circ} \text{C}$

$$w_0 = 27,5724 \text{ gr} \qquad w_i = 25,0277 \text{ gr}$$

$$\text{Laju Korosi} = \frac{27,5724 - 25,0277}{14400} = 17,67153 \cdot 10^{-5} \text{ gr}/\text{menit}$$

g. Suhu pencelupan  $450^{\circ} \text{C}$

$$w_0 = 26,8939 \text{ gr} \qquad w_i = 25,6278 \text{ gr}$$

$$\text{Laju Korosi} = \frac{26,8939 - 25,6278}{14400} = 8,79236 \cdot 10^{-5} \text{ gr}/\text{menit}$$

h. Suhu pencelupan  $460^{\circ} \text{C}$

$$w_0 = 28,7746 \text{ gr} \qquad w_i = 27,2817 \text{ gr}$$

$$\text{Laju Korosi} = \frac{28,7746 - 27,2817}{14400} = 10,36736 \cdot 10^{-5} \text{ gr}/\text{menit}$$



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
**FAKULTAS TEKNIK**

Gedung E-1 Kampus Sekaran Gunungpati Telp/Fax (024) 8508101-8058009  
Email : ft\_unnes@yahoo.com Semarang - 50229

**KEPUTUSAN  
DEKAN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**  
Nomor : /o /FT-UNNES/2007

**TENTANG**

**PENETAPAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI MAHASISWA**

- Menimbang** : Bahwa untuk memperlancar para mahasiswa Fakultas Teknik membuat Skripsi maka perlu menunjuk dan memberi tugas kepada Dosen Fakultas Teknik untuk menjadi pembimbing.
- Mengingat** : 1. SK. Rektor Universitas Negeri Semarang Semarang nomor 45/0/2001 tanggal 14 Juni 2001 Tentang Penyelenggaraan Pendidikan di UNNES Semarang.  
2. SK. Rektor nomor 73/1995 tanggal 17 Juli 1995 tentang Pedoman Penyusunan Skripsi / TA mahasiswa Strata Satu IKIP Semarang.  
3. SK Rektor UNNES nomor 124/P/2003 tanggal 17 Oktober 2003 Tentang Pengangkatan Dekan Fakultas Teknik UNNES.
- Memperhatikan** : Usul Ketua Jurusan **Teknik Mesin**  
Tentang penetapan Dosen Pembimbing Skripsi mahasiswa

**MEMUTUSKAN**

- Menetapkan :**  
**Pertama** : Menunjuk dan memberi tugas kepada :
- |                 |   |                           |
|-----------------|---|---------------------------|
| 1. N a m a      | : | Dr. Ir. Victor Malau, DEA |
| N I P           | : | 131628655                 |
| Pangkat / Golru | : | Penata Tk. I/III d        |
| Jabatan         | : | Lektor                    |
| 2. N a m a      | : | Hadromi, S.Pd, MT         |
| N I P           | : | 132093201                 |
| Pangkat / Golru | : | Penata Tk. I/ III d       |
| Jabatan         | : | Lektor                    |
- Untuk membimbing Skripsi mahasiswa :
- |               |   |                 |
|---------------|---|-----------------|
| N a m a       | : | Muh. Ridluwan   |
| N I M         | : | 5250403019      |
| Program Studi | : | Teknik Mesin S1 |
- Kedua** : Pelaksanaan tugas mulai 18 Nopember 2006 s/d 19 Nopember 2007
- Ketiga** : Membuat laporan kepada Dekan, apabila telah selesai.
- Kemempat** : Jika dikemudian hari terdapat kekeliruan dalam Surat Keputusan ini, akan diperbaiki sebagaimana mestinya.

DITETAPKAN DI SEMARANG  
PADA TANGGAL : 12 Januari 2007  
DEKAN



**Prof. Dr. Soesanto**  
NIP. 130875753

Tembusan : Yth.  
Ketua Jurusan T. Mesin



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
**FAKULTAS TEKNIK**

Gedung E-1 Kampus Sekaran Gunungpati Telp/Fax (024) 8508101-8058009  
Email : ft\_unnes@yahoo.com Semarang - 50229

Nomor : 184 /J40.1.5/PP/2007  
Lampiran : -  
Hal : **Permohonan Izin Penelitian**

24 Januari 2007

Yth : Kepala Lab. Bahan Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada Jogjakarta  
di Tempat

Dengan ini kami mohonkan ijin penelitian di Lab. Bahan Jurusan Teknik Mesin, untuk pengambilan data. Dalam rangka penyusunan Skripsi/Tugas Akhir mahasiswa kami:

Nama : Muh. Ridluwan  
NIM : 5250403019  
Jurusan : Teknik Mesin  
Program Studi : Teknik Mesin S1  
Judul Skripsi/TA : "Pengaruh Temperatur Pencelupan Terhadap Kekerasan, Laju Korosi dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah Dengan Metode Hot Dip Galvanizing"

Waktu Penelitian : 29 Januari 2007 s/d selesai.

Atas bantuannya kami ucapkan terima kasih.

An Dekan  
Pembantu Dekan Bidang Akademik  
  
Ir. Bambang Haryadi, MSc.  
NIP. 131876222

Tembusan :  
1. Rektor Universitas Negeri Semarang  
2. Ketua Jurusan Teknik Mesin



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

**FAKULTAS TEKNIK**

Gedung E-1 Kampus Sekaran Gunungpati Telp/Fax (024) 8508101-8058009

Email : ft\_unnes@yahoo.com Semarang - 50229

Nomor : 185 /J40.1.5/PP/2007

25 Januari 2007

Lampiran : -

Hal : **Permohonan Izin Penelitian**

Yth : Kepala Lab. Kimia Jurusan Kimia  
Fakultas MIPA Universitas Negeri Semarang  
di Tempat

Dengan ini kami mohonkan ijin penelitian di Lab. Kimia Jurusan Kimia, untuk pengambilan data.  
Dalam rangka penyusunan Skripsi/Tugas Akhir mahasiswa kami:

Nama : Muh. Ridluwan

NIM : 5250403019

Jurusan : Teknik Mesin

Program Studi : Teknik Mesin S1

Judul Skripsi/TA : "Pengaruh Temperatur Pencelupan Terhadap Kekerasan, Laju Korosi dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah Dengan Metode Hot Dip Galvanizing"

Waktu Penelitian : 6 Pebruari 2007 s/d selesai.

Atas bantuannya kami ucapkan terima kasih.



n. Dekan

Pembantu Dekan Bidang Akademik

UNNES Ir. Bambang Haryadi, MSc.  
NIP. 131876222

Tembusan :

1. Rektor Universitas Negeri Semarang
2. Ketua Jurusan Teknik Mesin



## PT CERAH SEMPURNA

Jl. Walisongo KM 11 No. 407 Tugu  
Semarang 50153 - Central Java  
INDONESIA

Tel. +62 24 8662121

+62 24 8662123

Fax. +62 24 8662122

www.cerahsempurna.com

Email: cerahsmg@indosat.net.id

Steel Construction • Hot Dip Galvanize • Powder Coating • Metal Furniture Export

### SURAT KETERANGAN

Nomor : 027/E/CS/SK/V/07

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Rahmat Arif Fachruddin, ST  
Jabatan : Kepala Divisi Galvanis  
PT CERAH SEMPURNA  
Alamat : Jl. Walisongo KM 11 no. 407  
Semarang

Menerangkan bahwa mahasiswa Universitas Negeri Semarang sebagai berikut :

Nama : **MUHAMMAD RIDLUWAN**  
NIM : **5250403019**  
Jurusan : **Teknik**  
Fakultas : **TEKNIK**

Telah melakukan Praktek Kerja Lapangan

Tempat : PT Cerah Sempurna Divisi Galvanis  
Tanggal : 20 – 24 Januari 2007

Demikian surat keterangan ini dibuat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Semarang, 1 Mei 2007

PT CERAH SEMPURNA



Rahmat Arif Fachruddin, ST  
Kadiv. Galvanis



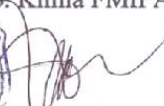
**LABORATORIUM KIMIA FMIPA**  
**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**  
 Gedung D-8 Lantai.3 FMIPA UNNES Kampus Sekaran, Gunungpati,  
 Semarang Telp. 024 - 70770402

**PENGUJIAN LAJU KOROSI**  
**MENGGUNAKAN LARUTAN H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**


Nama : Muh. Ridluwan  
 NIM : 5250403019  
 Program Studi : Teknik Mesin S1

No.	Konsentrasi Larutan	Waktu Perendaman	Benda Uji	w <sub>o</sub> (Berat awal)	w <sub>i</sub> (Berat setelah pengujian)
1	8 %	4 hari	raw material	23.7253	23.2067
			440	26.8854	26.289
			450	25.8358	25.130
			460	26.4792	25.8548
		10 hari	raw material	22.0667	20.3217
			440	28.7499	27.1053
			450	27.8399	26.8732
			460	29.6908	29.0108
2	10 %	4 hari	raw material	23.7896	23.236
			440	28.5105	27.6487
			450	29.2903	28.1881
			460	27.2497	26.2928
		10 hari	raw material	25.1688	23.0005
			440	28.3268	26.3024
			450	29.5408	28.2841
			460	27.2443	25.7289
3	12 %	4 hari	raw material	22.2514	21.6341
			440	26.2629	25.0972
			450	23.5759	22.2498
			460	28.5748	26.9655
		10 hari	raw material	21.1468	18.7341
			440	27.5724	25.0277
			450	26.8939	25.6278
			460	28.7746	27.2817

Semarang, 25 April 2007  
 Kepala Lab. Kimia FMIPA UNNES



**Drs. Kasmui, M.Si.**  
 NIP. 131931625





**LABORATORIUM KIMIA FMIPA  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**  
*Gedung D-8 Lantai.3 FMIPA UNNES Kampus Sekaran, Gunungpati,  
Semarang Telp. 024 - 70770402*

---

**SURAT KETERANGAN**

Yang bertandatangan di bawah ini, menerangkan bahwa mahasiswa dengan:

Nama : Muh. Ridluwan  
NIM : 5250403019  
Jurusan : Teknik Mesin  
Program Studi : Teknik Mesin S1

Benar-benar telah melakukan penelitian berupa Penentuan Laju Korosi Menggunakan Larutan  $H_2SO_4$ , untuk digunakan dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir yang berjudul "Pengaruh Temperatur Pencelupan Terhadap Kekerasan, Laju Korosi dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah Dengan Metode Hot Dip Galvanizing" di Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, UNNES pada tanggal 6 Februari 2007 s/d selesai.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 25 April 2007  
Kepala Lab. Kimia FMIPA UNNES



Drs. Kasmui, M.Si.  
NIP. 131931625