

**PENGARUH KOMPOSISI *AMMONIUM CHLORIDE NUMBER*
(ACN) DAN TEMPERATUR PENCELUPAN TERHADAP
KUALITAS LAPISAN *HOT DIP GALVANIZING*
PADA BAJA JIS G 3141**

SKRIPSI

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari
Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



Oleh:

Lusi Febriyanti
3334210051

**JURUSAN TEKNIK METALURGI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON-BANTEN**

2026

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH KOMPOSISI *AMMONIUM CHLORIDE* NUMBER
(ACN) DAN TEMPERATUR PENCELUPAN TERHADAP
KUALITAS LAPISAN *HOT DIP GALVANIZING*
PADA BAJA JIS G 3141**

SKRIPSI

Disusun dan diajukan oleh:

Lusi Febriyanti

3334210051

Telah disidangkan di depan dewan penguji pada tanggal

19 Januari 2026

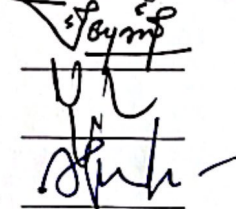
Susunan Dewan Penguji

Penguji I : Suryana, S.T., M.Si.

Penguji II : Yanuar Nugraha, S.T., M.T.

Penguji III : Prof. Ir. Agus Pramono, S.T., M.T., Ph.D., Tech.

Tanda Tangan



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknik

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Metalurgi



Prof. Ir. Agus Pramono, S.T., M.T., Ph.D., Tech.
NIP. 197608182008011012

LEMBAR PENGESAHAN

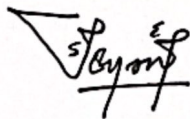
**PENGARUH KOMPOSISI *AMMONIUM CHLORIDE* NUMBER
(ACN) DAN TEMPERATUR PENCELUPAN TERHADAP
KUALITAS LAPISAN *HOT DIP GALVANIZING*
PADA BAJA JIS G 3141**

SKRIPSI

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari
Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

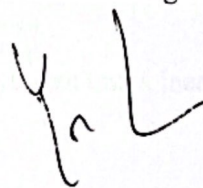
Disetujui untuk Jurusan Teknik Metalurgi oleh:

Pembimbing I



Suryana, S.T., M.Si.
NIP. 197402162001121001

Pembimbing II



Yanuar Nugraha, S.T., M.T.
NIP. 2021081

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut :

Judul : Pengaruh Komposisi *Ammonium Chloride Number*
(ACN) Dan Temperatur Pencelupan Terhadap
Kualitas Lapisan *Hot Dip Galvanizing* Pada Baja JIS
G 3141

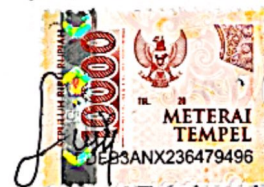
Nama Mahasiswa : Lusi Febriyanti

NIM : 3334210051

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, 9 Januari 2026



Lusi Febriyanti
NIM. 3334210051

ABSTRAK

Hot dip galvanizing merupakan metode pelapisan seng yang banyak digunakan untuk meningkatkan ketahanan korosi baja. Kualitas lapisan galvanis sangat dipengaruhi oleh parameter proses, khususnya komposisi *fluxing* dan temperatur pencelupan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi *Ammonium Chloride Number* (ACN) dan temperatur pencelupan terhadap kualitas lapisan *hot dip galvanizing* pada baja JIS G 3141. Variasi ACN yang digunakan adalah 1,5; 1,75; dan 2,00 dengan temperatur pencelupan 450°C, 500°C, dan 550°C serta waktu pencelupan 45 detik. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian ketebalan lapisan, pengamatan visual, analisis struktur mikro, analisis komposisi unsur menggunakan SEM-EDX, serta pengujian ketahanan korosi menggunakan metode polarisasi potensiodinamik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan nilai ACN dan temperatur pencelupan cenderung meningkatkan ketebalan lapisan dan memperbaiki homogenitas struktur mikro. Selain itu, kombinasi ACN dan temperatur yang tepat mampu menghasilkan distribusi unsur Fe dan Zn yang lebih stabil serta menurunkan laju korosi lapisan galvanis.

Kata kunci: *Hot dip galvanizing*, ACN, temperatur pencelupan, struktur mikro, korosi

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala limpahan kebaikan dan kemurahan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan laporan Skripsi ini dengan judul “Pengaruh Komposisi *Ammonium Chloride Number* (ACN) Dan Temperatur Pencelupan Terhadap Kualitas Lapisan *Hot Dip Galvanizing* Pada Baja JIS G 3141”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat kelulusan sebagai sarjana teknik metalurgi di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Ir. Agus Pramono, S.T., M.T., Ph.DTech. selaku Ketua Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
2. Ibu Andinnie Juniarsih, S.T., M.T. selaku Koordinator Skripsi jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
3. Ibu Prof. Dr Erlina Yustanti, Sra., M.Si selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan selama perkuliahan dari awal semester hingga penyusunan skripsi.
4. Bapak Suryana, S.T., M.Si., selaku pembimbing I dan bapak Yanuar Nugraha, S.T. selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan, arahan, serta bimbingan selama penyusunan skripsi
5. Ibu Anistasia Milandia, S.T., M.T., dan seluruh Asisten Laboratorium Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, atas fasilitas dan akses yang diberikan dalam menyelesaikan penelitian ini.

6. Seluruh dosen dan staff Jurusan Teknik Metalurgi Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
7. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Noviardi dan Ibu Elisa serta kedua saudara penulis yaitu Biondi Fahrezi beserta keluarga dan Reza Fahlevi yang senantiasa mendoakan dan memberikan dukungan serta memberikan motivasi kepada penulis setiap saat.
8. Afgita Wianda serta teman-teman Teknik Metalurgi 2021 yang telah memberikan dukungan dan semangat selama menjalani perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih terdapat kekurangan, sehingga kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak diharapkan. Penulis berharap agar Skripsi ini bermanfaat khususnya bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya.

Cilegon, 08 Januari 2026

Lusi Febriyanti

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Baja.....	8
2.2 Baja G 3141	10
2.3 Lapisan Seng (Zn)	11

2.4	<i>Hot Dip Galvanizing</i>	13
2.4.1	<i>Pre-treatment</i>	18
2.4.1.1	<i>Degreasing</i>	19
2.4.1.2	<i>Pickling</i>	20
2.4.1.3	Pembilasan (<i>Rinsing</i>).....	22
2.4.2	<i>Fluxing</i>	22
2.4.3	<i>Drying</i>	25
2.4.4	Tahap Pencelupan (<i>Galvanizing</i>)	26
2.4.5	<i>Quenching</i>	28
2.4.6	<i>Finishing</i>	29
2.5	Pemeriksaan Hasil <i>Hot Dip Galvanizing</i>	29
2.6	Polarisasi potensiodinamik	35
2.7	Metalografi	36
2.8	SEM-EDX	41

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Diagram Alir.....	44
3.2	Alat dan Bahan	45
3.2.1	Alat-alat yang Digunakan.....	45
3.2.2	Bahan-bahan yang Digunakan.....	46
3.3	Prosedur Penelitian.....	47
3.3.1	<i>Pre-treatment</i>	47

3.3.2 Proses <i>Hot Dip Galvanizing</i>	48
3.3.3 Pengujian Ketebalan	48
3.3.4 Pengujian Metalografi	48
3.3.5 Pengujian Korosi	49
3.3.6 Pengujian SEM-EDX	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pengujian Ketebalan Lapisan	52
4.2 Hasil Visual <i>Hot Dip Galvanizing</i>	55
4.3 Pengamatan Struktur Mikro dan Hasil SEM-EDX	62
4.4 Analisa Hasil Korosi.....	118
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	125
3.2 Saran.....	126
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN A CONTOH PERHITUNGAN	131
LAMPIRAN B DATA PENELITIAN	134
LAMPIRAN C GAMBAR ALAT DAN BAHAN	167

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Baja JIS G 3141	10
Tabel 2.2 Klasifikasi JIS G 3141	11
Tabel 2.3 Sifat Lapisan paduan Fe-Zn pada Proses <i>Hot Dip Galvanizing</i>	16
Tabel 2.4 Perbedaan <i>Pickling</i> antara HCl dengan H ₂ SO ₄	20
Tabel 2.5 <i>Grade</i> Ketebalan Lapisan Berdasarkan Kategori Material Sesuai Standar ASTM A123.....	28
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Ketebalan	51
Tabel 4.2 Hasil SEM EDX Sampel 1 dengan Komposisi ACN 1,50 dan Temperatur Pencelupan 450°C	65
Tabel 4.3 Hasil SEM EDX Sampel 2 dengan Komposisi ACN 1,50 dan Temperatur Pencelupan 500°C	73
Tabel 4.4 Hasil SEM EDX Sampel 3 dengan Komposisi ACN 1,50 dan Temperatur Pencelupan 550°C	79
Tabel 4.5 Hasil SEM EDX Sampel 4 dengan Komposisi ACN 1,75 dan Temperatur Pencelupan 450°C	85
Tabel 4.6 Hasil SEM EDX Sampel 5 dengan Komposisi ACN 1,75 dan Temperatur Pencelupan 450°C	91
Tabel 4.7 Hasil SEM EDX Sampel 6 dengan Komposisi ACN 1,75 dan Temperatur Pencelupan 500°C	97
Tabel 4.8 Hasil SEM EDX Sampel 7 dengan Komposisi ACN 2,00 dan Temperatur Pencelupan 450°C	103
Tabel 4.9 Hasil SEM EDX Sampel 8 dengan Komposisi ACN 2,00 dan Temperatur Pencelupan 500°C	109
Tabel 4.10 Hasil SEM EDX Sampel 9 dengan Komposisi ACN 2,00 dan Temperatur Pencelupan 550°C	115
Tabel 4.11 Nilai <i>Corrosion Rate</i>	122

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Galvanic Series of Metals</i>	13
Gambar 2.2 Representasi Difusi Vakansi dan Difusi Interstisial.....	15
Gambar 2.3 Struktur Mikro Lapisan Galvanis.....	16
Gambar 2.4 <i>Dull Grey</i>	30
Gambar 2.5 <i>Rust Stain</i>	31
Gambar 2.6 <i>Blister</i>	31
Gambar 2.7 <i>Roughness and Thick Coating</i>	32
Gambar 2.8 <i>Dross</i>	33
Gambar 2.9 <i>Bare Spot</i>	34
Gambar 2.10 <i>Spike</i>	34
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	45
Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Komposisi ACN dan Temperatur Pencelupan Terhadap Ketebalan Lapisan Pada <i>Proses Hot Dip Galvanizing</i>	52
Gambar 4.2 Visual Sampel 1 dengan dengan Komposisi ACN 1,5 dan Temperatur Pencelupan 450°C	56
Gambar 4.3 Visual Sampel 2 dengan dengan Komposisi ACN 1,5 dan Temperatur Pencelupan 500°C	56
Gambar 4.4 Visual Sampel 3 dengan dengan Komposisi ACN 1,5 dan Temperatur Pencelupan 550°C	56
Gambar 4.5 Visual Sampel 4 dengan dengan Komposisi ACN 1,75 dan Temperatur Pencelupan 450°C	57
Gambar 4.6 Visual Sampel 5 dengan dengan Komposisi ACN 1,75 dan Temperatur Pencelupan 500°C	57
Gambar 4.7 Visual Sampel 6 dengan dengan Komposisi ACN 1,75 dan Temperatur Pencelupan 550°C	57

Gambar 4.8 Visual Sampel 7 dengan dengan Komposisi ACN 2,00 dan Temperatur Pencelupan 450°C	58
Gambar 4.9 Visual Sampel 8 dengan dengan Komposisi ACN 2,00 dan Temperatur Pencelupan 500°C	58
Gambar 4.10 Visual Sampel 9 dengan dengan Komposisi ACN 2,00 dan Temperatur Pencelupan 550°C	58
Gambar 4.11 Struktur Mikro Hasil <i>Hot Dip Galvanizing</i> dengan Komposisi ACN 1,50 dan Temperatur Pencelupan 450°C Perbesaran 1000x...	62
Gambar 4.12 Pemetaan Unsur Fe, O dan Zn Sampel 1 dengan Komposisi ACN 1,50 dan Temperatur Pencelupan 450°C.....	62
Gambar 4.13 (a) Titik 004 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 004 Sampel 1 dengan Komposisi ACN 1,5 dan Temperatur Pencelupan 450°C	63
Gambar 4.14 (a) Titik 005 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 005 Sampel 1 dengan Komposisi ACN 1,5 dan Temperatur Pencelupan 450°C	64
Gambar 4.15 (a) Titik 006 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 006 Sampel 1 dengan Komposisi ACN 1,5 dan Temperatur Pencelupan 450°C	65
Gambar 4.16 Struktur Mikro Hasil <i>Hot Dip Galvanizing</i> dengan Komposisi ACN 1,50 dan Temperatur Pencelupan 500°C Perbesaran 1000x...	69
Gambar 4.17 Pemetaan Unsur Fe, O dan Zn Sampel 2 dengan Komposisi ACN 1,50 dan Temperatur Pencelupan 500°C.....	69
Gambar 4.18 (a) Titik 007 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 007 Sampel 2 dengan Komposisi ACN 1,5 dan Temperatur Pencelupan 500°C	70
Gambar 4.19 (a) Titik 008 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 008 Sampel 2 dengan Komposisi ACN 1,5 dan Temperatur Pencelupan 500°C	71
Gambar 4.20 (a) Titik 009 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 009 Sampel 2 dengan Komposisi ACN 1,5 dan Temperatur Pencelupan 500°C	72

Gambar 4.21 Struktur Mikro Hasil <i>Hot Dip Galvanizing</i> dengan Komposisi ACN 1,5 dan Temperatur Pencelupan 550°C Perbesaran 1000x.....	76
Gambar 4.22 Pemetaan Unsur Fe, O dan Zn Sampel 3 dengan Komposisi ACN 1,5 dan Temperatur Pencelupan 550°C.....	76
Gambar 4.23 (a) Titik 010 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 010 Sampel 3 dengan Komposisi ACN 1,5 dan Temperatur Pencelupan 550°C	77
Gambar 4.24 (a) Titik 011 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 011 Sampel 3 dengan Komposisi ACN 1,5 dan Temperatur Pencelupan 550°C	78
Gambar 4.25 (a) Titik 012 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 012 Sampel 3 dengan Komposisi ACN 1,5 dan Temperatur Pencelupan 550°C	78
Gambar 4.26 Struktur Mikro Hasil <i>Hot Dip Galvanizing</i> dengan Komposisi ACN 1,75 dan Temperatur Pencelupan 450°C Perbesaran 1000x...	82
Gambar 4.27 Pemetaan Unsur Fe, O dan Zn Sampel 4 dengan Komposisi ACN 1,75 dan Temperatur Pencelupan 450°C.....	82
Gambar 4.28 (a) Titik 013 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 013 Sampel 4 dengan Komposisi ACN 1,75 dan Temperatur Pencelupan 450°C	83
Gambar 4.29 (a) Titik 014 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 014 Sampel 4 dengan Komposisi ACN 1,75 dan Temperatur Pencelupan 450°C	84
Gambar 4.30 (a) Titik 015 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 015 Sampel 4 dengan Komposisi ACN 1,75 dan Temperatur Pencelupan 450°C	84
Gambar 4.31 Struktur Mikro Hasil <i>Hot Dip Galvanizing</i> dengan Komposisi ACN 1,75 dan Temperatur Pencelupan 500°C Perbesaran 1000x...	87
Gambar 4.32 Pemetaan Unsur Fe, O dan Zn Sampel 5 dengan Komposisi ACN 1,75 dan Temperatur Pencelupan 500°C.....	88
Gambar 4.33 (a) Titik 016 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 016 Sampel 5 dengan Komposisi ACN 1,75 dan Temperatur Pencelupan 500°C	89

Gambar 4.34 (a) Titik 017 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 017 Sampel 5 dengan Komposisi ACN 1,75 dan Temperatur Pencelupan 500°C	89
Gambar 4.35 (a) Titik 018 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 018 Sampel 5 dengan Komposisi ACN 1,75 dan Temperatur Pencelupan 500°C	90
Gambar 4.36 Struktur Mikro Hasil <i>Hot Dip Galvanizing</i> dengan Komposisi ACN 1,75 dan Temperatur Pencelupan 550°C Perbesaran 1000x...	93
Gambar 4.37 Pemetaan Unsur Fe, O dan Zn Sampel 6 dengan Komposisi ACN 1,75 dan Temperatur Pencelupan 550°C.....	94
Gambar 4.38 (a) Titik 019 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 019 Sampel 6 dengan Komposisi ACN 1,75 dan Temperatur Pencelupan 550°C	95
Gambar 4.39 (a) Titik 020 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 020 Sampel 6 dengan Komposisi ACN 1,75 dan Temperatur Pencelupan 550°C	95
Gambar 4.40 (a) Titik 021 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 021 Sampel 6 dengan Komposisi ACN 1,75 dan Temperatur Pencelupan 550°C	96
Gambar 4.41 Struktur Mikro Hasil <i>Hot Dip Galvanizing</i> dengan Komposisi ACN 2,00 dan Temperatur Pencelupan 450°C Perbesaran 1000x...	99
Gambar 4.42 Pemetaan Unsur Fe, O dan Zn Sampel 7 dengan Komposisi ACN 2,00 dan Temperatur Pencelupan 450°C.....	100
Gambar 4.43 (a) Titik 022 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 022 Sampel 7 dengan Komposisi ACN 2,00 dan Temperatur Pencelupan 450°C	101
Gambar 4.44 (a) Titik 023 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 023 Sampel 5 dengan Komposisi ACN 2,00 dan Temperatur Pencelupan 450°C	101
Gambar 4.45 (a) Titik 024 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 024 Sampel 5 dengan Komposisi ACN 2,00 dan Temperatur Pencelupan 450°C	102
Gambar 4.46 Struktur Mikro Hasil <i>Hot Dip Galvanizing</i> dengan Komposisi ACN 2,00 dan Temperatur Pencelupan 500°C Perbesaran 1000x.	105

Gambar 4.47 Pemetaan Unsur Fe, O dan Zn Sampel 8 dengan Komposisi ACN 2,00 dan Temperatur Pencelupan 500°C.....	106
Gambar 4.48 (a) Titik 025 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 025 Sampel 8 dengan Komposisi ACN 2,00 dan Temperatur Pencelupan 500°C	106
Gambar 4.49 (a) Titik 026 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 026 Sampel 8 dengan Komposisi ACN 2,00 dan Temperatur Pencelupan 500°C	107
Gambar 4.50 (a) Titik 027 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 027 Sampel 5 dengan Komposisi ACN 2,00 dan Temperatur Pencelupan 500°C	108
Gambar 4.51 Struktur Mikro Hasil <i>Hot Dip Galvanizing</i> dengan Komposisi ACN 2,00 dan Temperatur Pencelupan 550°C Perbesaran 1000x.....	111
Gambar 4.52 Pemetaan Unsur Fe, O dan Zn Sampel 9 dengan Komposisi ACN 2,00 dan Temperatur Pencelupan 550°C.....	112
Gambar 4.53 (a) Titik 028 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 028 Sampel 9 dengan Komposisi ACN 2,00 dan Temperatur Pencelupan 550°C	113
Gambar 4.54 (a) Titik 029 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 029 Sampel 9 dengan Komposisi ACN 2,00 dan Temperatur Pencelupan 550°C	114
Gambar 4.55 (a) Titik 030 Pengujian SEM EDX (b) Hasil SEM EDX Titik 030 Sampel 9 dengan Komposisi ACN 2,00 dan Temperatur Pencelupan 550°C	114
Gambar 4.56 Kurva Polarisasi Sampel 1 dengan Komposisi ACN 1,50 dan Temperatur Pencelupan 450°C	117
Gambar 4.57 Kurva Polarisasi Sampel 2 dengan Komposisi ACN 1,50 dan Temperatur Pencelupan 500°C	118
Gambar 4.58 Kurva Polarisasi Sampel 3 dengan Komposisi ACN 1,50 dan Temperatur Pencelupan 550°C	118
Gambar 4.59 Kurva Polarisasi Sampel 4 dengan Komposisi ACN 1,75 dan Temperatur Pencelupan 450°C	119

Gambar 4.60 Kurva Polarisasi Sampel 5 dengan Komposisi ACN 1,75 dan Temperatur Pencelupan 500°C	119
Gambar 4.61 Kurva Polarisasi Sampel 6 dengan Komposisi ACN 1,75 dan Temperatur Pencelupan 550°C	120
Gambar 4.62 Kurva Polarisasi Sampel 7 dengan Komposisi ACN 2,00 dan Temperatur Pencelupan 450°C	120
Gambar 4.63 Kurva Polarisasi Sampel 8 dengan Komposisi ACN 2,00 dan Temperatur Pencelupan 500°C	121
Gambar 4.64 Kurva Polarisasi Sampel 9 dengan Komposisi ACN 2,00 dan Temperatur Pencelupan 550°C	121
Gambar 4.65 Grafik Nilai <i>Corrosion Rate</i>	122
Gambar C.1 Ampelas	168
Gambar C.2 <i>Aquades</i>	168
Gambar C.3 Baja G 3141	168
Gambar C.4 Bak Galvanis.....	168
Gambar C.5 <i>Dryer</i>	168
Gambar C.6 <i>Elcometer</i>	168
Gambar C.7 Gelas Beker.....	169
Gambar C.8 Ingot Zn	169
Gambar C.9 Kawat Pengait.....	169
Gambar C.10 Labu Ukur.....	169
Gambar C.11 Larutan <i>Fluxing</i>	169
Gambar C.12 Larutan H ₂ SO ₄	169
Gambar C.13 Larutan NaOH	169
Gambar C.14 Larutan Na ₂ Cr ₂ O ₇	169
Gambar C.15 Masker	170

Gambar C.16 Mesin <i>cutting</i>	170
Gambar C.17 Mesin <i>Corrtest</i>	170
Gambar C.18 Mesin <i>Grinding</i>	170
Gambar C.19 Mesin <i>Polishing</i>	170
Gambar C.20 Mikroskop.....	170
Gambar C.21 NaCl	170
Gambar C.22 Penggaris	170
Gambar C.23 Sarung Tangan.....	171
Gambar C.24 Taung Gas.....	171
Gambar C.25 <i>Termogun</i>	171
Gambar C.26 Tungku.....	171
Gambar C.17 Wadah <i>Pre-treatment</i>	171

BAB I

PENDAHULUAN

1.2 Latar Belakang

Seiring dengan kemajuan teknologi dan perkembangan zaman, kebutuhan akan material berkualitas tinggi dalam berbagai sektor industri meningkat. Logam merupakan salah satu jenis material yang paling umum digunakan karena sifatnya yang kuat, tahan lama, dan dapat digunakan dalam berbagai kondisi. Di antara berbagai jenis logam, baja merupakan material yang memiliki banyak keunggulan, seperti kekuatan, ketangguhan, dan daya tahan. Karena sifat-sifat tersebut, baja menjadi pilihan utama dalam berbagai aplikasi struktural seperti pembangunan jembatan, rangka bangunan, serta pembuatan kendaraan. Baja JIS G 3141 merupakan baja karbon rendah dengan kandungan karbon sekitar 0,12% yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, terutama di industri otomotif karena memiliki sifat mekanik yang baik, seperti keuletan dan ketangguhan yang sangat baik. Baja ini umumnya digunakan untuk proses *metal forming* pelat logam, seperti pada pembuatan bodi dan rangka kendaraan serta berbagai komponen otomotif lainnya [1]. Namun, baja JIS G 3141 memiliki kelemahan utama seperti baja lainnya yaitu rentan terhadap korosi terutama saat disimpan dalam jangka waktu yang lama di lingkungan lembap dan korosif. Korosi pada baja tidak hanya mengakibatkan degradasi struktur material, tetapi juga meningkatkan biaya

perawatan dan penggantian komponen, serta menurunkan tingkat keamanan dan keandalan sistem secara keseluruhan [2].

Salah satu metode yang efektif untuk meningkatkan ketahanan korosi baja yaitu *hot dip galvanizing*. *Hot dip galvanizing* merupakan proses pelapisan logam dengan cara mencelupkan logam dasar ke dalam seng cair yang telah dipanaskan hingga meleleh. Sebagai hasil dari reaksi antara kedua logam selama proses pencelupan, lapisan intermetalik Fe-Zn terbentuk pada permukaan baja [3]. Lapisan ini tidak hanya melekat kuat secara metalurgi, tetapi juga berfungsi sebagai penghalang dan proteksi katodik. Pada mekanisme perlindungan penghalang, lapisan seng berfungsi sebagai pemisah antara baja dan lingkungan korosif, sehingga seng akan mengalami korosi terlebih dahulu sebelum media korosif mencapai permukaan baja. Sementara itu, pada mekanisme perlindungan galvanik, seng bersifat lebih anodik atau kurang mulia dibandingkan besi pada kondisi lingkungan, sehingga seng akan mengalami korosi pengorbanan (*sacrificial corrosion*) untuk melindungi baja sebagai substrat [4].

Secara teori metode *hot dip galvanizing* terlihat cukup sederhana, namun secara praktiknya menunjukkan bahwa proses ini cukup kompleks dikarenakan terdapat berbagai parameter yang mempengaruhi hasil akhir produk. Lapisan akhir sangat bergantung pada pengendalian parameter seperti jenis material dasar, proses *pretreatment*, komposisi *fluxing*, komposisi lapisan pelindung, waktu dan temperatur pencelupan, laju pengangkatan dan pendinginan. Parameter-parameter tersebut mempengaruhi karakteristik lapisan seperti ketebalan lapisan, daya lekat, struktur mikro, dan hasil visual pelapisan [5]. Dalam proses *hot dip galvanizing*,

sering kali terjadi bahwa ketebalan lapisan seng dengan ketebalan yang melebihi atau tidak sesuai dengan standar yang diharapkan, dimana standar nilai ketebalan berdasarkan ASTM A123 pada baja pelat dengan tebal material 0,3 mm yaitu 45-65 μm [6]. Ketidaksesuaian ini dapat menyebabkan penggunaan seng yang berlebihan sehingga biaya produksi akan semakin meningkat. Salah satu faktor utama yang menyebabkan ketebalan lapisan yang berlebihan adalah kurangnya dalam mengontrol temperatur selama proses pencelupan. Proses *fluxing* juga mempengaruhi kualitas lapisan *hot dip galvanizing*. *Fluxing* merupakan tahap pelapisan awal permukaan baja sebelum dilakukannya proses *hot dip galvanizing*. Proses *fluxing* berfungsi untuk menghilangkan sisa oksida yang masih tertinggal pada permukaan baja serta membentuk lapisan pelindung sementara pada permukaan baja guna mencegah terbentuknya oksida lebih lanjut sebelum dilakukan pencelupan ke dalam seng cair [7]. Dalam proses ini, baja dicelupkan ke dalam larutan *flux* yang terdiri dari campuran *zinc chloride* (ZnCl_2) dan *ammonium chloride* (NH_4Cl), yang dikenal sebagai *Zinc Ammonium Chloride* (ZAC). Dalam mengendalikan komposisi *fluxing* dilakukan dengan memperhatikan nilai perbandingan antara konsentrasi *ammonium chloride* (NH_4Cl) terhadap *zinc chloride* (ZnCl_2) yang dikenal sebagai *Ammonium Chloride Number* (ACN). Dalam praktik industri galvanisasi, rasio ACN yang umum digunakan berada pada rentang 1,25 hingga 2,5 [8]. Komposisi *fluxing* sangat berpengaruh terhadap kualitas lapisan galvanis yang dihasilkan. Rasio komposisi yang tidak tepat dapat menghasilkan kualitas lapisan yang kurang optimal sehingga akan menurunkan ketahanan baja terhadap korosi [9]. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji

pengaruh variasi komposisi *fluxing* dan temperatur pencelupan terhadap kualitas *hot dip galvanizing* untuk memperoleh kualitas lapisan yang optimal baik dari segi ketahanan korosi, struktur mikro, hasil visual, maupun ketebalan lapisan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka terdapat rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh komposisi *Amonium Chloride Number* (ACN) dan temperatur pencelupan terhadap ketebalan lapisan *hot dip galvanizing* berdasarkan acuan standar ASTM A123?
2. Bagaimana pengaruh komposisi *Amonium Chloride Number* (ACN) dan temperatur pencelupan terhadap hasil visual lapisan?
3. Bagaimana pengaruh komposisi *Amonium Chloride Number* (ACN) dan temperatur pencelupan terhadap ketahanan korosi?
4. Bagaimana pengaruh komposisi *Amonium Chloride Number* (ACN) dan temperatur pencelupan terhadap karakterisasi struktur mikro *hot dip galvanizing*?
5. Bagaimana pengaruh komposisi *Amonium Chloride Number* (ACN) dan temperatur pencelupan terhadap komposisi unsur lapisan?

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh komposisi *Amonium Chloride Number (ACN)* dan temperatur pencelupan terhadap ketebalan lapisan *hot dip galvanizing* berdasarkan acuan standar ASTM A123
2. Mengetahui pengaruh komposisi *Amonium Chloride Number (ACN)* dan temperatur pencelupan terhadap hasil visual lapisan
3. Mengetahui pengaruh komposisi *Amonium Chloride Number (ACN)* dan temperatur pencelupan terhadap ketahanan korosi
4. Mengetahui pengaruh komposisi *Amonium Chloride Number (ACN)* dan temperatur pencelupan terhadap struktur mikro lapisan *hot dip galvanizing*?
5. Mengetahui pengaruh komposisi *Amonium Chloride Number (ACN)* dan temperatur pencelupan terhadap komposisi unsur lapisan.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian yang akan dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Spesimen baja yang akan dilapisi yaitu baja JIS G 3141
2. Spesimen tersebut dilakukan proses *pretreatment*, yang mencakup pembersihan dengan *caustic cleaning*, *pickling*, *rinsing*, dan *fluxing*. Setelah dilakukan proses *hot dip galvanizing*, spesimen dicelupkan ke dalam bak *pretreatment* dan *quenching* secara berurutan.
3. Proses pelapisan dilakukan dengan cara pencelupan pada tungku *hot dip galvanizing*
4. Variasi komposisi ACN 1,5; 1,75; 2,00;

5. Variasi temperatur pencelupan yaitu 450°C, 500°C, 550°C
6. Waktu pencelupan *hot dip galvanizing* selama 45 detik
7. Pengujian yang dilakukan yaitu uji ketebalan lapisan, uji metalografi, dan uji ketahanan korosi.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada skripsi ini terdiri dari 5 Bab. Bab I berisikan latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

Bab II berisikan pembahasan mengenai pengertian baja, baja G 3141, lapisan seng, *Hot dip galvanizing*, tahap-tahap proses *hot dip galvanizing* yang meliputi *pre-treatment* (*degreasing*, *pickling*, dan *rinsing*), tahap *fluxing*, tahap pencelupan, tahap *quenching*, dan tahap *finishing*. Adapun pembahasan mengenai pengujian yang akan dilakukan yaitu polarisasi potensiodinamik dan metalografi.

Bab III memuat metodologi penelitian yang mencakup diagram alir penelitian, alat dan bahan yang digunakan, prosedur pelaksanaan penelitian, serta teknik pengujian yang diterapkan.

Bab IV memuat hasil dan pembahasan penelitian yang meliputi pengujian ketebalan lapisan, pengamatan visual hasil *hot-dip galvanizing*, analisis struktur mikro lapisan, serta hasil pengujian korosi. Selain itu, disajikan pula pembahasan hasil penelitian yang didukung oleh teori-teori yang telah diuraikan pada Bab II.

Bab V berisikan kesimpulan utama penelitian yang dirumuskan secara spesifik sesuai dengan tujuan penelitian, serta saran yang berisi usulan untuk

penelitian lanjutan berdasarkan temuan yang diperoleh selama penelitian. Pada bagian akhir disajikan daftar pustaka sebagai kumpulan sumber acuan yang digunakan, sedangkan lampiran memuat data-data pendukung yang berkaitan dengan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Gusti, A. Arwati, and F. Tifani, "Corrosion rate analysis of JIS G-3141 steel for automotive inner wheel house production using the weight loss method," *World Chemical Engineering Journal*, vol. 6, no. 1, 2022. [Online]. Available: <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/WCEJ>
- [2] Napitupulu, Richard AM, and Wandipu P. Sihaloho. "Pengaruh Hot Dip Galvanizing Baja Karbon Rendah Terhadap Ketebalan Struktur Mikro Dan Kekerasan." *Sinergi Polmed: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 6.2 (2025): 86-93.
- [3] S. Sumardi and D. Yoga, "Pengaruh variasi temperatur pencelupan terhadap sifat mekanik pada baja karbon rendah (0.02% C) dengan metode pelapisan hot-dip galvanizing," *Jurnal Rekayasa, Teknologi, dan Sains*, vol. 1, no. 1, 2017
- [4] Marder, Arnold Robert. "The metallurgy of zinc-coated steel." *Progress in materials science* 45.3 (2000): 191-271.
- [5] ASM International, *ASM Handbook, Volume 5: Surface Engineering*, Materials Park, OH, USA: ASM International, 2000.
- [6] ASTM International, *ASTM A123: Specification for Zinc (Hot-Dip Galvanized) Coatings on Iron and Steel Products*. West Conshohocken, PA, USA, 2002.
- [7] American Galvanizers Association, *Hot-Dip Galvanizing for Corrosion Protection*, 2012.
- [8] R. M. Woods and J. A. Cole, *Galvanizing Handbook*. Cleveland, OH, USA: Zaclon Inc., 1996.
- [9] R. N. Pamujiningtyas and D. Hardjono, "Pengaruh komposisi ammonium chloride number (ACN) dan suhu terhadap kualitas baja hasil proses fluxing," *Distilat*, vol. 2, pp. 162–169, 2021. [Online]. Available: <http://distilat.polinema.ac.id>

- [10] A. Husen and A. Fato, “Analisa sifat mekanis baja pada bahan SPCC-HD dengan proses deep curling dalam pembuatan drum,” *PRESISI*, vol. 23, no. 1, 2021.
- [11] Japanese Standards Association, JIS G 3141: Cold-reduced carbon steel sheets and strips, Tokyo, Japan, 2017
- [12] R. Candra, U. Budiarto, and H. Yudo, “Pengaruh temperatur dan tegangan listrik pada proses elektroplating lapisan seng terhadap laju korosi baja karbon rendah A36,” *Jurnal Teknik Perkapalan*, 2024. [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [13] J. Jarwanto, A. B. M. Yusuf, and A. Suprihanto, “Pengaruh variasi waktu pencelupan hot-dip galvanizing terhadap ketebalan dan kekerasan lapisan baja ST 60,” *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 11, no. 3, pp. 247–260, 2023.
- [14] W. D. Callister, Jr. and D. G. Rethwisch, *Materials Science and Engineering: An Introduction*, 10th ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2018.
- [15] F. Gapsari, H. Setyarini, and F. A. Alamsyah, “Pengaruh kekasaran permukaan terhadap porositas hasil hot-dipped galvanizing (HDG),” *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 3, no. 1, 2012.
- [15] F. Gapsari, H. Setyarini, and F. A. Alamsyah, “Pengaruh kekasaran permukaan terhadap porositas hasil hot-dipped galvanizing (HDG),” *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 3, no. 1, 2012.
- [16] Qi Liu, Yuqing Cao, Shuai Chen, Xinye Xu, Mutian Yao, Jie Fang, Kuan Lei, dan Guiqun Liu, “Hot-dip galvanizing process and the influence of metallic elements on composite coatings,” *Journal of Composites Science*, vol. 8, no. 5, 2024, doi: 10.3390/jcs8050160.
- [17] N. Pistofidis, G. Vourlias, S. Konidakis, E. Pavlidou, G. Stergioudis, and D. Tsipas, “The effect of preflux bath additives on the morphology and structure of the hot-dip galvanized coatings,” *Crystal Research and Technology*, vol. 41, no. 8, pp. 759–765, 2006, doi: 10.1002/crat.200510664.

- [18] M. Nugroho and M. Arya, "Pengaruh waktu dan temperatur hot-dip galvanizing terhadap ketebalan dan kekuatan bending pada baja ST 41," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 8, no. 1, 2020.
- [19] R. H. Eleue and B. S. Mahdi, "Effect of dipping time and temperature on produced intermetallic phases thickness in hot-dip galvanizing process," *Al-Muhandis Journal (JMISE)*, p. 50, 2018.
- [20] B. Agustami, "Pengaruh variasi komposisi fluxing dan waktu celup terhadap nilai laju korosi, tebal lapisan, dan struktur mikro hot-dip galvanizing baja karbon rendah SSPC-SD," Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, 2013.
- [21] Asosiasi Galvanis Indonesia, *Desain manual hot dip galvanizing*, Edisi IV. Jakarta, Indonesia: Asosiasi Galvanis Indonesia, 2021.
- [22] F. Alif, "Analisa hipotesa menggunakan perangkat lunak dari hasil pengujian polarisasi pada material implan tulang dengan variasi lapisan permukaan," Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2020.
- [23] Munawir, Azwar, and Turmizi, "Analisa kegagalan poros pompa sentrifugal Ebara tipe 56-GA 4002 A melalui evaluasi pola patahan serta pengujian kekerasan dan metalografi," *Jurnal Mesin Sains Terapan*, vol. 3, no. 2, 2019.
- [24] D. Juliaptini, "Analisis sifat mekanik dan metalografi baja karbon rendah untuk aplikasi tabung gas 3 kg," Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta, 2010.
- [25] E. Pretorius, "Influence of acceleration voltage on scanning electron microscopy of human blood platelets," *Microscopy Research and Technique*, vol. 73, no. 3, pp. 225–228, 2010.
- [26] Sahdiah, Halimahtus, and Robi Kurniawan. "Optimasi Tegangan Akselerasi pada Scanning Electron Microscope–Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDX) untuk Pengamatan Morfologi Sampel Biologi." *Jurnal Sains Dan Edukasi Sains* 6.2 (2023): 117-123.

- [27] J. I. Goldstein, D. E. Newbury, D. C. Joy, C. E. Lyman, P. Echlin, E. Lifshin, L. Sawyer, and J. R. Michael, *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis*, 4th ed. New York, NY, USA: Springer, 2018.
- [28] Z. Takáčová, B. Hluchánová, and J. Trpčevská, “Leaching of zinc from zinc ash originating from hot-dip galvanizing,” *Metall*, vol. 64, no. 12, p. 600, 2010.
- [29] Cheng, J., Zhao, J. H., Zhang, J. Y., Guo, Y., He, K., Shang-Guan, J. J., & Wen, F. L. “Microstructure and mechanical properties of galvanized-45 steel/AZ91D bimetallic material by liquid-solid compound casting”. *Materials*, 12.10 (2019) : 1651
- [30] Vourlias, G., Stergioudis, G., Polychroniadis, E. K., & Paulidou, E. “Inhibition effect of chloride layers in hot-dip galvanized steels,” *Journal of Materials Science Letters*, vol. 20, no. 8, pp. 729–731, 2001.