



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI PENGARUH PANAS PROSES BRAZING TERHADAP
KETAHANAN KOROSI DAN KUALITAS LAPISAN
PROTEKSI ZINC-NICKEL-COBALT ELECTRO-
GALVANIZING PADA PELAT BAJA HASIL CANAI DINGIN**

**John Panatatua Sinaga
0906605391**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI PENGARUH PANAS PROSES BRAZING TERHADAP
KETAHANAN KOROSI DAN KUALITAS LAPISAN
PROTEKSI ZINC-NICKEL-COBALT ELECTRO-
GALVANIZING PADA PELAT BAJA HASIL CANAI DINGIN**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**John Panatutua Sinaga
0906605391**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul

**STUDI PENGARUH PANAS PROSES *BRAZING* TERHADAP
KETAHANAN KOROSI DAN KUALITAS LAPISAN PROTEKSI ZINC-
NICKEL-COBALT ELECTRO-GALVANIZING PADA PELAT BAJA
HASIL CANAI DINGIN**

yang dibuat untuk melengkapi sebagai persyaratan menjadi sarjana teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi & Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui, bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan/atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Nama : John Panatatua Sinaga

NPM : 0906605391



Tanda Tangan :

Tanggal : Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : John Panatatua Sinaga

NPM : 0906605391

Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material

Judul Skripsi : Studi Pengaruh Panas Proses *Brazing* Terhadap Ketahanan Korosi Dan Kualitas Lapisan Proteksi Zinc-Nickel-Cobalt Electro-Galvanizing Pada Pelat Baja Hasil Canai Dingin


Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Winarto, M.Sc.

()

Penguji 1 : Prof. Dr.Ir. Dedi Priadi DEA.

()

Penguji 2 : Dwi Marta Nurjaya S.T, M.T.

()

Ditetapkan : Depok, Juli 2012

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus yang selalu memberikan kasih karunianya kepada kehidupan penulis, atas segala berkat, penghiburan, dan pertolongan-Nya lah penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai syarat menempuh ujian akhir Sarjana di Departemen Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Segala rasa syukur dan bangga penulis panjatkan dalam doa dan ucapan syukur ini.

Skripsi ini penulis dedikasikan untuk istri tercinta yang selalu setia menemani penulis dari hari ke hari dan memberikan dorongan, perhatian dan rasa sayang yang luar biasa baik saat diperkuliahan maupun saat penyusunan skripsi ini. Juga terhadap kedua orang tua tercinta, Baba (+) dan Mamah yang selalu berharap anaknya dapat meneruskan hingga tingkat sarjana. Juga kepada ketiga kakak tersayang penulis yang selalu memberi semangat dan dukungan selama ini.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada Dr. Ir. Winarto, M.Sc. selaku pembimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas segala bimbingan, nasihat, serta pelajaran hidup yang beliau berikan selama ini, sehingga penulis memiliki pandangan dan wawasan baru mengenai berbagai hal. Terima kasih pula atas perhatian dan sikap kebabakan beliau saat membimbing penulis yang disertai dengan sikap penuh kesabaran.

Penulis menyadari terdapat berbagai pihak yang berkontribusi dalam memberikan dukungan, bantuan, serta bimbingan kepada penulis selama ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr-Ing. Ir. Bambang Suharno, selaku Kepala Departemen Teknik Metalurgi dan Material FTUI;
2. Dwi Marta Nurjaya S.T, M.T, selaku Pembimbing Akademis Departemen Teknik Metalurgi dan Material FTUI;
3. Seluruh dosen Departemen Teknik Metalurgi dan Material, yang telah memberikan pengetahuan dan ilmunya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini;

4. Seluruh karyawan Departemen Teknik Metalurgi dan Material yang telah menyempatkan waktunya untuk membantu hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
 5. Seluruh karyawan PT Astra Honda Motor yang telah membantu penulis dalam menyiapkan segala kebutuhan pengujian dan persiapan untuk skripsi ini;
 6. Seluruh rekan-sahabat di ekst Metalurgi dan Material angkatan 2009 : Singgih, Budi, Johny, Alfin, Arfiandi, Anfius, Dedi, Shandy, Bayu, Cica yang selalu rela membantu penulis saat dibutuhkan. Di dalam kesulitan masing-masing mereka masih sempat mengingatkan penulis untuk segera menyelesaikan penulisan skripsi ini. Semoga ikatan persahabatan ini tidak akan putus dan tetap terjalin lewat telepon, e-mail, agar dapat saling membantu saat kesulitan di tempat kerja ataupun di kehidupan kehari-hari.
 7. Seluruh pihak yang turut membantu penulis yang namanya tidak dapat penulis sebutkan satu persatu;
- Semoga skripsi ini selalu dapat bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan bagi mahasiswa dan masyarakat saat ini dan dikemudian hari.

Penulis

2012

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : John Panatatua Sinaga

NPM : 0906605391

Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material

Departemen : Metalurgi dan Material

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

STUDI PENGARUH PANAS PROSES *BRAZING* TERHADAP KETAHANAN
KOROSI DAN KUALITAS LAPISAN PROTEKSI ZINC-NICKEL-COBALT
ELECTRO-GALVANIZING PADA PELAT BAJA HASIL CANAI DINGIN

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Nonekklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia atau formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok, 6 Juli 2012

Yang menyatakan



(John Panatatua Sinaga)

ABSTRAK

Nama : John Panatatua Sinaga

NPM : 0906605391

Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material

Judul Skripsi : Studi Pengaruh Panas Proses *Brazing* Terhadap Ketahanan Korosi dan Kualitas Lapisan Proteksi Zinc-Nickel-Cobalt Electro-Galvanizing pada Pelat Baja Hasil Canai Dingin

Lapisan Zinc-Nickel-Cobalt digunakan sebagai lapisan proteksi pelat baja karena memiliki ketahanan korosi yang tinggi. Namun saat terpapar suhu tinggi, karena adanya proses *brazing* saat penggabungan dua komponen pelat baja dan pipa tembaga, lapisan proteksi ini kehilangan kemampuannya tersebut. Saat pelat baja hasil canai dingin yang telah dilapisi Zn-Ni-Co dengan metode elektro galvanis terpapar panas api *brazing* dari oxy-acetilene, selama 5; 10; 15; 20; 25; dan 30 detik;

Kondisi lapisan proteksi mengalami keretakan mengakibatkan ketahanan korosinya turun dari 288 jam menjadi hanya kurang dari 24 jam saat diuji dengan salt spray. Propertis lainnya seperti komposisi kimia dan berat lapisan cenderung tidak berubah.

Kata kunci :

Pelat Baja Hasil Canai Dingin; *Zinc-Nickel-Cobalt*, *Salt spray test*, *brazing*.

ABSTRACT

Name : John Panatutua Sinaga
NPM : 0906605391
Major : Metallurgy and Material Engineering
Title : Study Influence Of Heat *Brazing* Process Against Corrosion Resistance And Quality Of *Coatings* Protection Zinc-Nickel-Cobalt Electro-Galvanizing On Steel Plate Cold Rolled

Zinc-Nickel-Cobalt coating is used to protect of steel plate because of high corrosion resistance. However, when exposed to high temperatures, due to the brazing process when uniting the two components of steel plates and copper pipe, protection layer is losing its ability. Steel plate cold rolled with Zn-Ni-Co electro-galvanizing coated exposed to the heat of the oxy-flame brazing acetylene, for 5, 10, 15; 20, 25, and 30 seconds; condition of protection layer became cracking, corrosion resistance decreased from 288 hours to just less than 24 hours when tested with a salt spray. Other properties such as chemical composition and coating weight are stable.

Key words :

Cold rolled steel plate; Zinc-Nickel-Cobalt, Salt spray test, brazing.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR RUMUS.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Pembatasan Masalah	3
1.5. Sistematika Penulisan	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2. 1 Proses <i>Brazing & Soldering</i>	5
2. 1. 1. <i>Brazing</i>	5
2. 1. 1. <i>Soldering</i>	8
2. 2 Material ZLEN	9
2. 2. 1 Material SPCEN.....	12
2. 2. 2 Elektrogalvanis Zinc-Nickel.....	13
3. METODOLOGI PENELITIAN	15
3. 1. Diagram alur penelitian.....	15
3. 2. Peralatan dan bahan.....	16
3. 3. Prosedur Penelitian.....	17
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1. Pengukuran suhu aktual.....	26
4. 2. Pengamatan Morfologi Permukaan Sampel.....	28
4.3. Hasil Uji Ketahanan Korosi.....	29
4.4. Hasil Pengujian Komposisi Kimia.....	31
4.5. Hasil Uji Berat Lapisan Elektro-galvanis.....	33
4.5. Hasil Uji Ketebalan Lapisan Elektro-galvanis.....	34
5. KESIMPULAN DAN SARAN	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	39

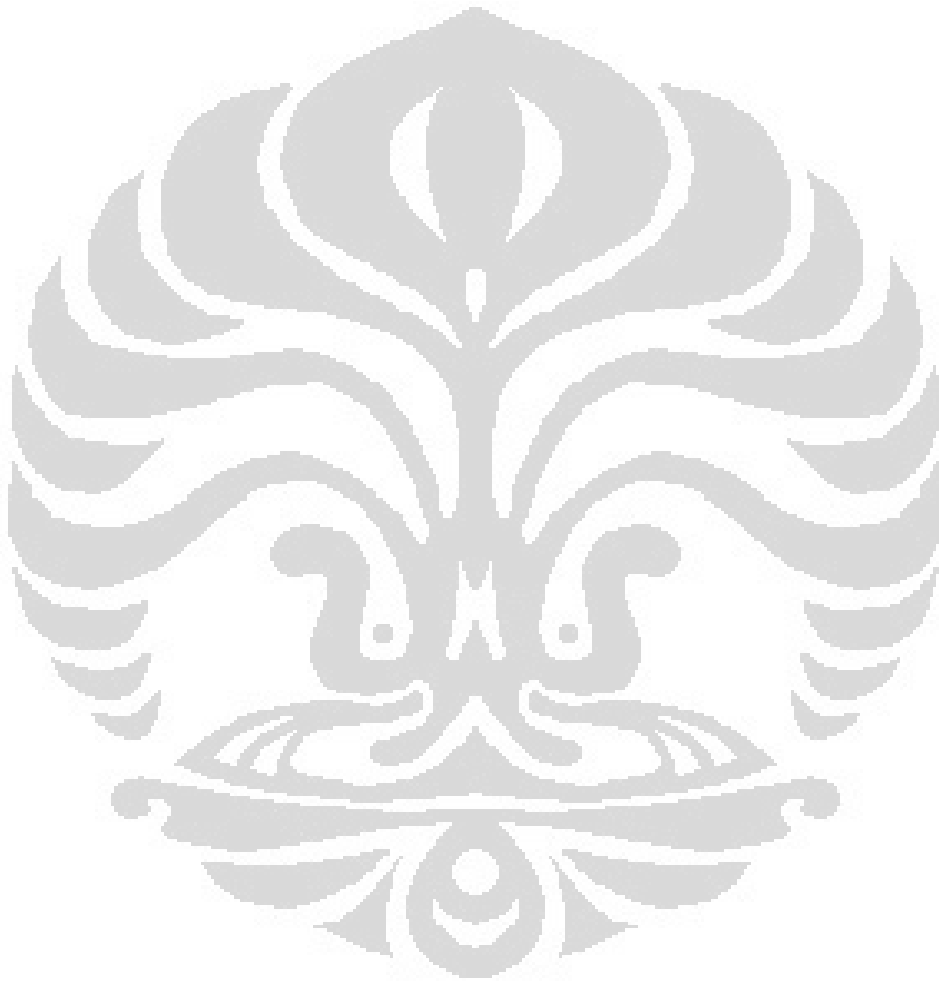
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Data penjualan sepeda motor.....	1
Gambar 1.2. ilustrasi material yang akan diuji.....	2
Gambar 1.3. ilustrasi penggabungan pelat baja elektro-galvanis dan pipa dengan metode <i>brazing</i>	2
Gambar 2.1. Beberapa material yang dapat disambung dengan metoda <i>diffusion bonding</i>	5
Gambar 2. 2. Bentuk sambungan <i>brazing</i>	6
Gambar 2. 3. Bentuk api <i>oxy-acetylene</i>	7
Gambar 2. 4. Proses <i>brazing</i> pelat ZLEN dan pipa.....	8
Gambar 2. 5. Bentuk sambungan <i>soldering</i> pada lembaran logam dan pipa.....	8
Gambar 2. 6. Diagram biner Pb-Sn.....	9
Gambar 2. 7. alur proses pembuatan pelat baja canai panas dan dingin.....	10
Gambar 2. 8. Pengaruh strain hardening dari pengerjaan dingin pada baja karbon rendah.....	10
Gambar 2. 9. alur proses pelapisan dengan sistem elektro-galvanizing.....	11
Gambar 2. 10. perbedaan alur proses pelapisan antara celup panas dan elektro-galvanis.....	11
Gambar 2. 11. Mikrostruktur dari beberapa metode pelapisan Zn.....	12
Gambar 2. 12. kurva <i>stress-strain</i> untuk melihat kekuatan tarik, kekuatan luluh, dan pertambahan panjang dari suatu material.....	13
Gambar 2. 13. Mikrostruktur dari elektro-galvanis.....	14
Gambar 3.1. Diagram alur penelitian.....	15
Gambar 3. 2. Posisi pemanasan sampel.....	18
Gambar 3. 3. Skema dan tipe dari termokopel.....	19
Gambar 3. 4. Mesin sembur garam.....	19
Gambar 3. 5. Contoh produk korosi putih dan merah.....	20
Gambar 3. 6. Fenomena terjadinya korosi pada baja dengan pelapisan Zn dan baja tanpa pelapisan.....	21
Gambar 3. 7. Alat uji <i>Scanning Electron Microscope+EDS</i> dan <i>Auto Fine Coater</i>	22
Gambar 3.8. Prinsip kerja dari SEM dan <i>fine coater/sputtering</i>	22
Gambar 3. 9. <i>Hot Mounting</i> – Mesin amplas/poles – amplas & kain poles halus.....	23
Gambar 3.10. Alat <i>inverted metallography microscope</i>	23
Gambar 3. 11. Alat <i>X-Ray Fluorescence</i> dan <i>anti-radiation chamber</i>	24
Gambar 3.12. Skema singkat cara menghitung berat lapisan elektro-galvanis.....	24
Gambar 4. 1. Skema pengukuran suhu aktual pemanasan.....	26

Gambar 4. 2. Perbandingan panas yang diterima sisi permukaan galvanis terhadap lama pemanasan.....	27
Gambar 4. 3. Skema arah perambatan panas.....	27
Gambar 4. 4. Sampel dengan pemanasan 5 detik dan 30 detik	28
Gambar 4. 5. Sampel tanpa pemanasan (baru)	28
Gambar 4. 6. Perbandingan lama pemanasan dan waktu munculnya karat merah-coklat.....	29
Gambar 4. 7. Perbandingan suhu pemanasan dan waktu munculnya karat merah-coklat pada pelat baja dengan lapisan Cr^{3+} dan Cr^{6+} <i>conversion coating</i> aluminium di atasnya.....	30
Gambar 4. 8. Perbandingan lama pemanasan dan % kadar unsur di permukaan sampel.....	31
Gambar 4. 9. Potongan penampang beberapa sampel yang telah di- <i>mounting</i> -dipreparasi & hasil visualisasi dengan menggunakan SEM & diuji dengan EDS.	32
Gambar 4. 10. Perbandingan lama pemanasan dan % kadar unsur di potongan penampang sampel.....	32
Gambar 4. 11. Perbandingan lama pemanasan & berat lapisan elektro-galvanis.	33
Gambar 4. 12. Perbandingan lama pemanasan & tebal lapisan elektro-galvanis.	34
Gambar 4. 13. Potongan penampang sampel dengan pemanasan 15 detik.....	35

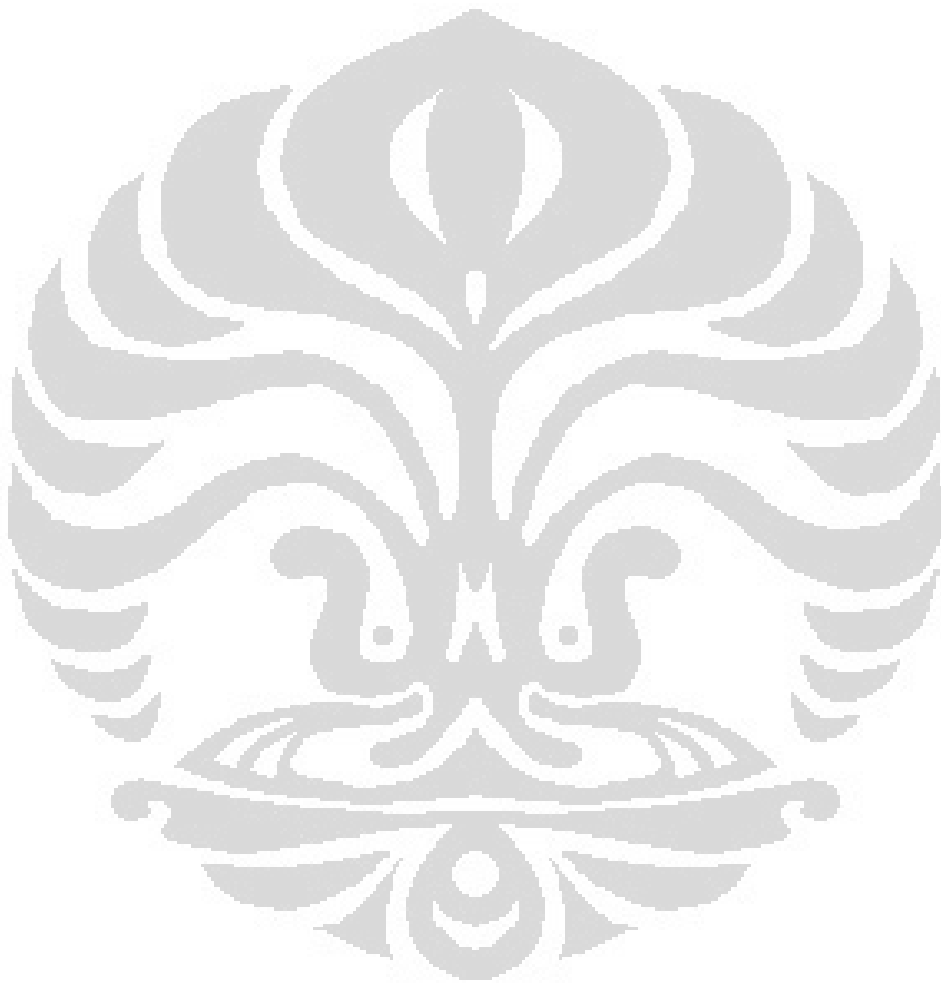
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik gas bahan bakar.....	7
Tabel 2. 2. Komposisi kimia untuk material SPCE.....	12
Tabel 2. 3. Propertis mekanis dari SPCE.....	12
Tabel 3.1. Jenis dan tipe dari termokopel.....	18



DAFTAR RUMUS

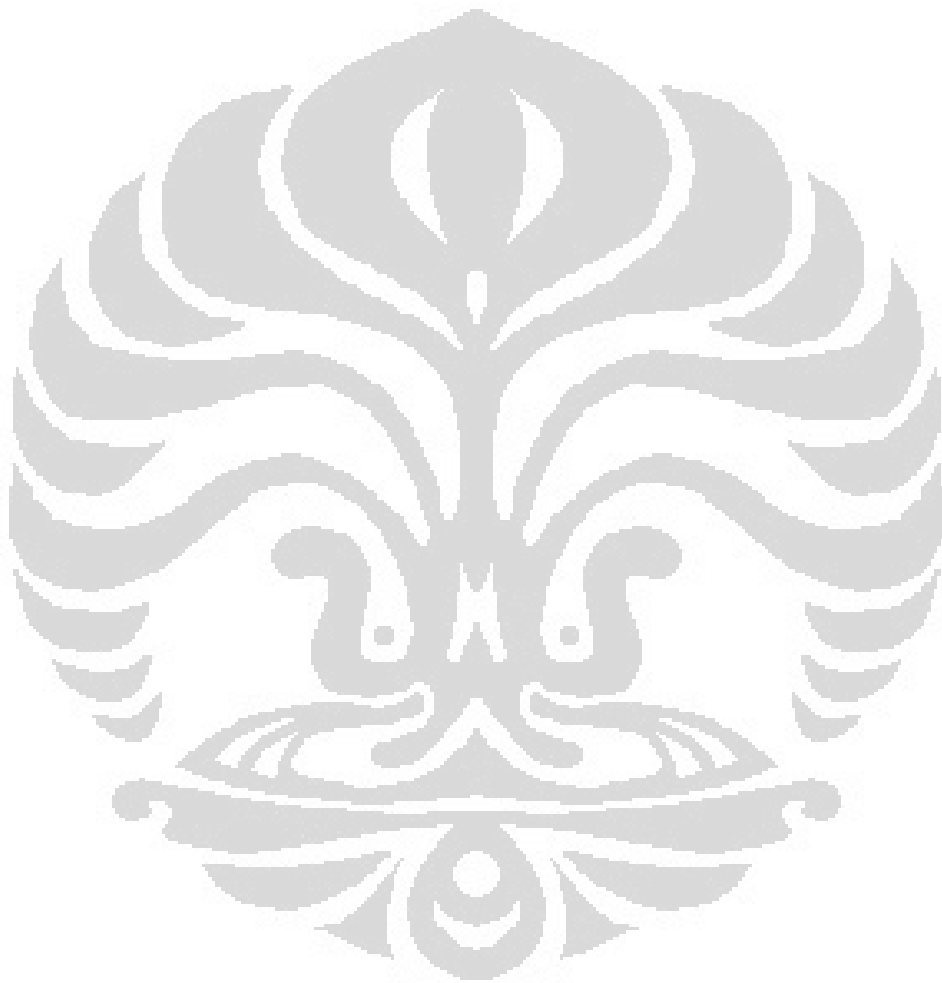
Rumus 1 Untuk menghitung berat lapisan elektro-galvanis.....	25
---	----



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil pengujian Salt Spray Test pada sampel uji 0 (tidak dipanaskan), pemanasan 5 sampai 30 detik, selama 24 dan 48 jam pengujian.....	39
Lampiran 2. Hasil pengujian Salt Spray Test pada sampel uji 0 (tidak dipanaskan), pemanasan 5 sampai 30 detik, sampai 216 jam pengujian.....	40
Lampiran 3. Hasil pengujian Salt Spray Test pada sampel uji 0 (tidak dipanaskan), sampai 288 jam pengujian.....	41
Lampiran 4. Hasil pengamatan ketebalan lapisan elektro galvanis pada sampel uji 0 (tidak dipanaskan), pemanasan 5 sampai 10 detik.....	42
Lampiran 5. Hasil pengamatan ketebalan lapisan elektro galvanis pada sampel uji dengan pemanasan 15 sampai 25 detik.....	43
Lampiran 6. Hasil pengamatan ketebalan lapisan elektro galvanis pada sampel uji dengan pemanasan sampai 30 detik.....	44
Lampiran 7. Hasil pengamatan permukaan lapisan elektro galvanis pada sampel uji 0 (tanpa pemanasan), pemanasan 5 dan 10 detik.....	45
Lampiran 8. Hasil pengamatan permukaan lapisan elektro galvanis pada sampel uji dengan pemanasan 15, 20, 25 dan 30 detik.....	46
Lampiran 9 (a). Hasil EDS pada sampel 0 (tanpa pemanasan) - kualitatif dan kuantitatif.....	47
Lampiran 9 (b). Hasil EDS pada sampel 0 (tanpa pemanasan) - Mapping.....	47
Lampiran 10 (a). Hasil EDS pada sampel pemanasan 5 detik - kualitatif dan kuantitatif.....	48
Lampiran 10 (b). Hasil EDS pada sampel pemanasan 5 detik - Mapping.....	48
Lampiran 11 (a). Hasil EDS pada sampel pemanasan 10 detik - kualitatif dan kuantitatif.....	49
Lampiran 11 (b). Hasil EDS pada sampel pemanasan 10 detik - Mapping.....	49
Lampiran 12 (a). Hasil EDS pada sampel pemanasan 15 detik - kualitatif dan kuantitatif.....	50
Lampiran 12 (b). Hasil EDS pada sampel pemanasan 15 detik - Mapping.....	50
Lampiran 13 (a). Hasil EDS pada sampel pemanasan 20 detik - kualitatif dan kuantitatif.....	51
Lampiran 13 (b). Hasil EDS pada sampel pemanasan 20 detik - Mapping.....	51
Lampiran 14 (a). Hasil EDS pada sampel pemanasan 25 detik - kualitatif dan kuantitatif.....	52
Lampiran 14 (b). Hasil EDS pada sampel pemanasan 25 detik - Mapping.....	52
Lampiran 15 (a). Hasil EDS pada sampel pemanasan 25 detik - kualitatif dan kuantitatif.....	53
Lampiran 15 (b). Hasil EDS pada sampel pemanasan 25 detik - Mapping.....	53
Lampiran 16. Data mekanikal propertis dari material baja hasil canai dingin – JIS G 3141.....	54

Lampiran 17. Level pongotor yang diijinkan pada bahan *soldering* menggunakan mesin..... 55
Lampiran 18. Paduan material *brazing*..... 55



BAB 1 PENDAHULUAN

1. 1 Latar Belakang

Saat ini sepeda motor adalah salah satu alat transportasi yang sangat diandalkan oleh masyarakat dalam menunjang kegiatan sehari-hari. Selain karena lebih praktis, penggunaan sepeda motor jauh lebih murah dibandingkan menggunakan mobil pribadi dan jauh lebih cepat dibandingkan kendaraan umum. Ini terbukti dengan data dari penjualan sepeda motor dari tahun ke tahun mengalami peningkatan, terlihat seperti pada Gambar 1. 1.



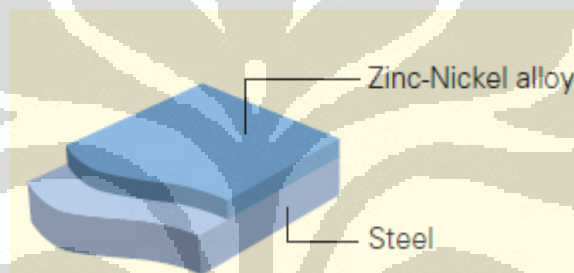
Gambar 1. 1. Data penjualan sepeda motor [19]

Untuk itu seluruh komponen sepeda motor harus dibuat dengan kualitas yang baik. Bila ditemukan ada yang bermasalah baik masih di dalam proses pembuatannya maupun di konsumen, sudah seharusnya akan dilakukan analisa dan perbaikan untuk menghindari kegagalan terjadi di masa yang akan datang.

Salah satu masalah yang muncul adalah timbulnya karat pada salah satu komponen sepeda motor di konsumen setelah penggunaan beberapa waktu dan mengurangi fungsi dari komponen tersebut. Komponen tersebut terbuat dari material baja hasil canai dingin dengan lapisan elektro-galvanis *zinc*, *nickel* dan *cobalt* adalah jenis material lembaran baja dari dengan kadar karbon di bawah 0,1% dan di-*rolling*/canai dalam suhu ruang hingga ketebalan tertentu, biasanya 0,8~1,0 mm, yang

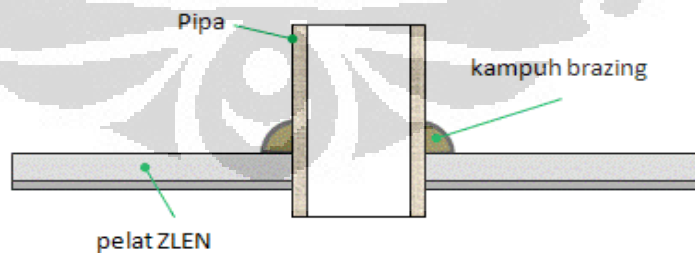
kemudian dilapisi dengan bahan seng & nikel sebagai lapisan proteksi, agar memiliki ketahanan terhadap lingkungan yang korosif. Pelapisan dilakukan dengan metode elektro-galvanis. Lapisan plating campuran Zn-Ni yang homogen akan lebih efektif lagi dengan penambahan *cobalt* yang dapat menyeragamkan distribusi dari lapisan plating⁽¹⁾.

Untuk proses manufakturnya, komponen tersebut disatukan dengan pipa melalui proses *brazing*. Proses pencairan bahan tambah yaitu dengan menggunakan api *oxi-acetylene*, yaitu api yang terbentuk saat membakar campuran asitilen dan oksigen. Bahan pengisi yang digunakan adalah *brass* atau kuningan yang merupakan campuran tembaga dan seng. Suhu cair dari pengisi adalah $\sim 940^{\circ}\text{C}$ ⁽²⁾.



Gambar 1.2. ilustrasi material yang akan diuji

Pada Gambar 1.2. memperlihatkan ilustrasi potongan melintang terhadap material pelat yang akan diuji. Base material ini adalah SPCEN (JIS G 3141) dengan tebal 0,8 mm, kekuatan tarik lebih dari 270 N/mm^2 dan elongasi lebih dari 40% dan pada salah satu sisinya dilapisi Zn-Ni-Co.



Gambar 1.3. ilustrasi penggabungan pelat baja elektro-galvanis dan pipa dengan metode *brazing*

Pada Gambar 1.3. dapat dilihat sebagai ilustrasi penyatuan antara pelat elektro-galvanis (ZLEN) dengan tebal 0,8 mm dan pipa tembaga. Penyatuan tersebut menggunakan proses *brazing* sehingga lapisan proteksi Zn-Ni-Co yang ada di bagian bawah akan terpapar panas.

1. 2 Perumusan Masalah

Pelat ZLEN, yaitu material pelat baja SPCCEN dengan lapisan proteksi elektro-galvanis Zn-Ni-Co memiliki ketahanan karat yang tinggi. Namun pada proses manufakturnya pelat ini dilakukan proses *brazing* untuk menggabungkan dengan pipa yang pastinya akan terpapar panas dan tentunya akan berdampak pada terhadap lapisan proteksi elektro-galvanis tersebut.

1. 3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efek langsung yang terjadi pada lapisan proteksi Zn-Ni-Co bila terpapar panas proses *brazing* dan efeknya terhadap ketahanan korosi khususnya untuk melindungi material baja yang ada di bawahnya.

Selain ketahanan korosi, juga akan dilakukan beberapa pengujian berat, ketebalan, komposisi, dan bentuk morfologi lapisan yang semuanya dilakukan untuk melihat pengaruh panas terhadap lapisan tersebut.

1. 4 Pembatasan Masalah

Untuk mencapai tujuan di atas maka penelitian kali ini dilakukan pada material pelat ZLEN yaitu jenis pelat baja hasil canai dingin SPCCEN yang dilapis dengan lapisan proteksi Zn-Ni-Co di satu sisinya, dengan *coating mass* sekitar 20 g/m² ketebalan pelat 0.8 mm, dipanaskan dengan menggunakan api *oxy-acetylene*.

Adapun kualitas lapisan proteksi yang akan dibahas adalah :

- Berat lapisan
- Ketebalan lapisan
- Komposisi kimia

- Ketahanan karat

Dan dibandingkan dengan kondisi sampel uji yang dipanaskan dengan api *oxy-acetylene* selama 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 detik (rata-rata proses *brazing* yang dilakukan adalah 15 detik).

Pelat elektro-galvanis yang akan diuji adalah material dari *Nippon Steel*.

1. 5 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan ini, sistematika penulisan disusun agar konsep dalam penulisan skripsi menjadi berurutan sehingga menjadi akan didapat kerangka alur pemikiran yang mudah dan praktis. Sistematika tersebut dapat diartikan dalam bentuk bab-bab yang saling berkaitan. Bab-bab tersebut diantaranya :

a) Bab 1 Pendahuluan

Membahas mengenai latar belakang penulisan, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

b) Bab 2 Tinjauan Pustaka

Membahas mengenai teori *brazing*, elektro-galvanis *zinc-nickel*.

c) Bab 3 Metodologi Penelitian

Membahas mengenai diagram alir penelitian, alat dan bahan yang diperlukan untuk penelitian, dan prosedur penelitian.

d) Bab 4 Hasil dan Pembahasan

Membahas mengenai pengolahan data yang didapat dari penelitian serta menganalisa hasil penelitian baik berupa angka, gambar, dan grafik serta membandingkan dengan teori dan literatur.

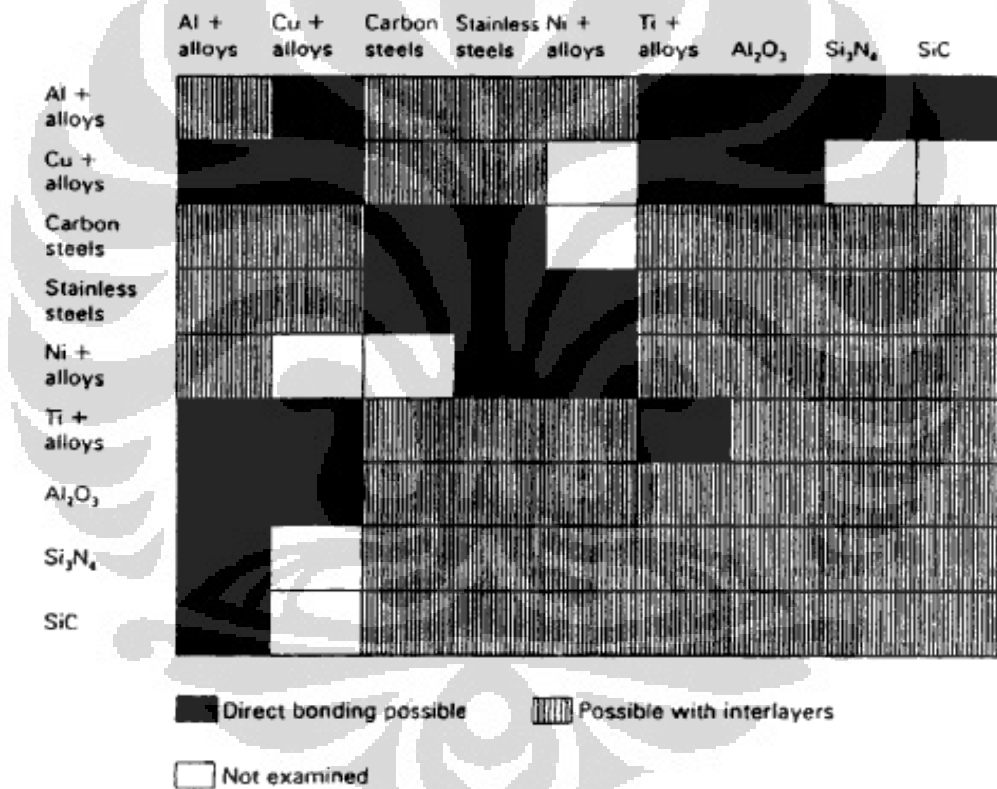
e) Bab 5 Kesimpulan

Membahas mengenai kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan sesuai dengan tujuan penelitian

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses *Brazing & Soldering*

Brazing dan *soldering* merupakan metode *diffusion bonding* (ikatan difusi). Jenis ikatan ini dapat diaplikasikan pada beberapa material yang berbeda jenisnya. Gambar 2.1. adalah contoh dari beberapa material dan sifatnya bila dilakukan penyambungan.

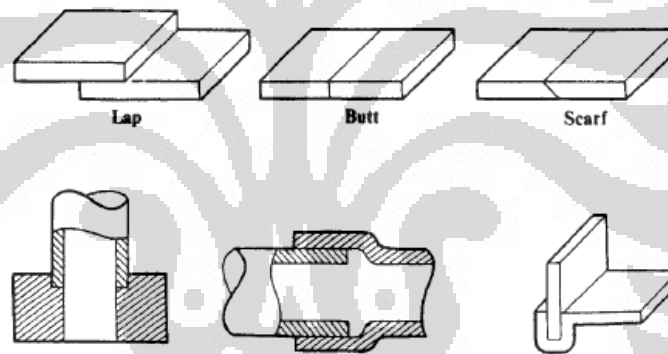


Gambar 2.1. Beberapa material yang dapat disambung dengan metoda *diffusion bonding* [17]

2.1.1. *Brazing* merupakan proses yang melibatkan penggunaan cairan logam pengisi untuk membasahi dua permukaan sambungan, dengan atau tanpa bantuan fluks,

sehingga terbentuk ikatan metalurgi antara logam pengisi dan komponen yang disatukan. Titik lebur pengisi lebih dari 450°C.[2]

Brazing merupakan salah satu jenis sambungan antar dua atau lebih material tanpa mencairkan bahan utamanya. Kelebihan sambungan ini adalah dapat menyambungkan dua atau lebih kombinasi material utama yang berbeda. Misalnya pada baja, akan disambung dengan tembaga, dimana temperatur cair dari campuran tembaga sekitar 450 – 1200 °C. Bahan utama dapat dipanaskan dengan api atau koil induksi, atau dapur pemanas ataupun *salt bath*. Permukaan dibersihkan dengan fluks ataupun dengan mengurangi pengaruh atmosfer. Logam *brazing* biasanya masuk ke dalam rongga sambungan dengan gaya tegangan permukaan (*capillary action*) [17]. Beberapa jenis sambungan *brazing* dapat dilihat seperti pada Gambar 2. 2.



Gambar 2. 2. Bentuk sambungan *brazing*



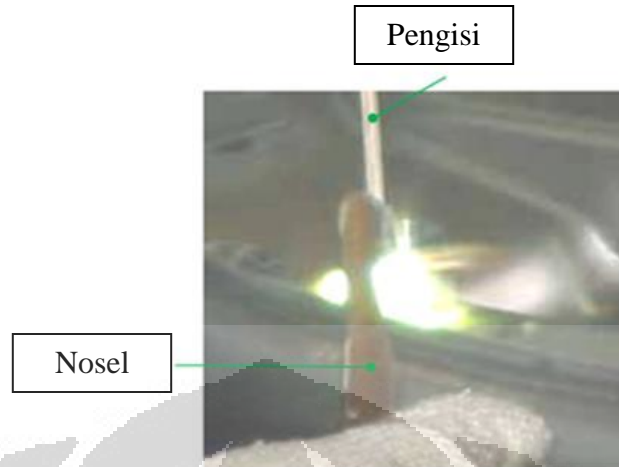
Gambar 2. 3. Bentuk api *oxy-acetylene* [2]

Pada Gambar 2.3. menjelaskan tiga bentuk dari api *oxy-acetylene* dimana nyala netral adalah kondisi campuran asitilen dan oksigen sudah tepat. Untuk nyala oksidasi adalah kondisi dimana gas oksigen terlalu banyak, biasanya sering dipakai untuk pemotongan. Sedangkan nyala karburasi terjadi saat gas acetylene terlalu banyak.

Panas yang dihasilkan dari penggunaan gas-*acetylene* sangat tinggi hingga lebih dari 3000°C.

Tabel 2.1. Karakteristik gas bahan bakar [2]

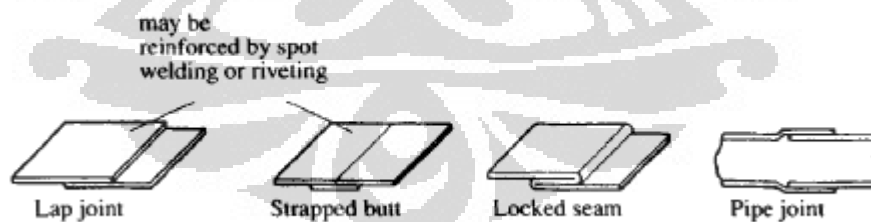
Fuel Gas	Flame Temp	
	°C	°F
Acetylene	3087	5589
Methylacetylene-propadiene	2927	5301
Propylene	2900	5250
Hydrogen	2660	4820
Natural Gas	2538	4600
Propane	2526	4579



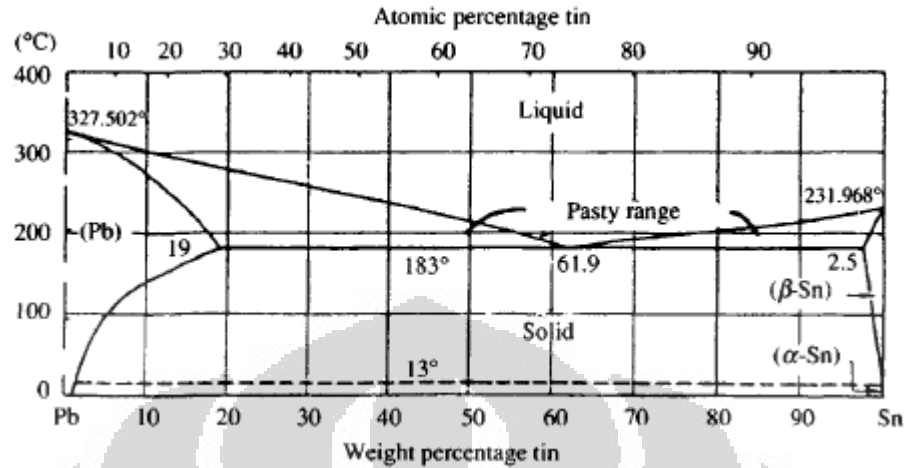
Gambar 2. 4. Proses *brazing* pelat ZLEN dan pipa

Pada Gambar 2. 4. terlihat penggunaan api *oxi-acetylene*, memanaskan dan mencairkan bahan pengisi. Bahan pengisi yang digunakan yaitu berupa kuningan dengan titik cair 940°C .

2. 1. 2. Selain *brazing*, proses yang sama tanpa mencairkan material utama adalah *soldering*. *Soldering* memiliki prinsip yang sama dengan *brazing* yaitu masuknya bahan *soldering* rongga sambungan dengan aksi kapiler. Namun yang membedakan adalah suhu proses pemanasannya. Pemanasan dilakukan pada suhu di bawah 450°C . Beberapa contoh sambungan pada proses *soldering* seperti pada Gambar 2. 5.



Gambar 2. 5. Bentuk sambungan *soldering* pada lembaran logam dan pipa



Gambar 2. 6. Diagram biner Pb-Sn

Bahan *soldering* yang paling umum adalah paduan timah putih - timah hitam (Pb - Sn), dengan komposisi 50-50. Bila kadar Sn berkurang maka temperatur solidifikasi akan meningkat. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2. 6. yaitu Diagram biner Pb – Sn.

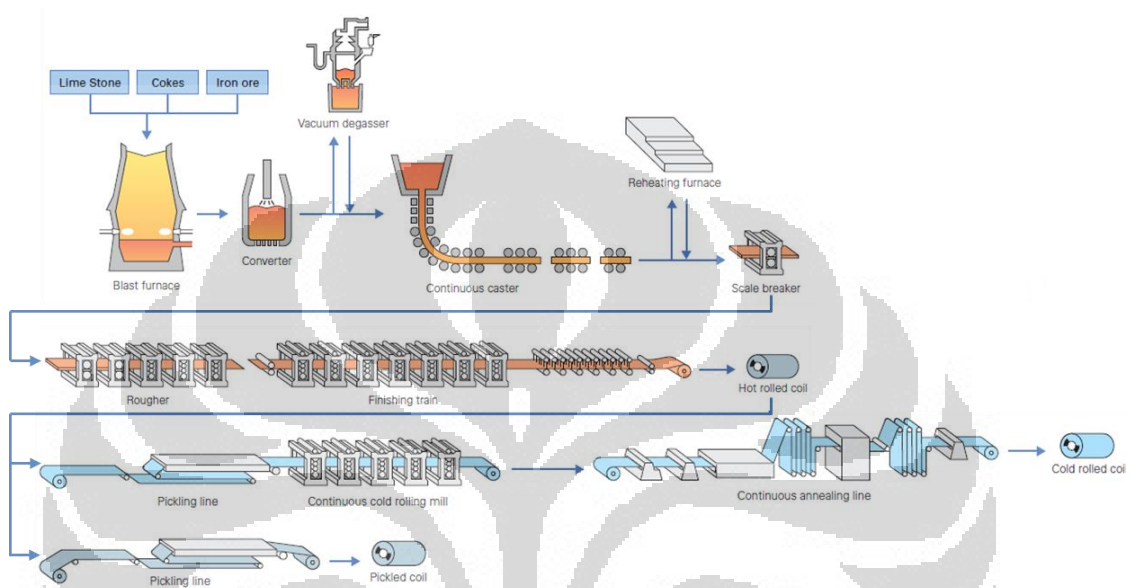
Bahan lainnya, selain Pb – Sn yang ditambahkan adalah antimoni dan perak yang mampu meningkatkan propertis tarik dan *creep*. Kekuatan *soldering* masih jauh lebih rendah dibandingkan dengan kekuatan *brazing*. Oleh karena itu biasanya *soldering* diaplikasikan pada komponen elektronik (PCB) ataupun sambungan yang tidak memiliki kekuatan yang tinggi.

2. 2 Material ZLEN

Material ZLEN adalah jenis material lembaran baja canai dingin dengan kadar karbon yang rendah dan telah melalui proses canai pada suhu ruang. Selanjutnya mendapatkan pelapisan dengan logam Zn-Ni yang bertujuan untuk memberikan proteksi lembaran baja tersebut dari lingkungan yang korosif [1]. Pelapisan dapat dilakukan pada salah satu sisi saja ataupun kedua sisinya. Bahan material yang dipakai kali ini hanya melapisi salah satu sisi saja karena pada sisi yang dilapis akan terpapar langsung dengan lingkungan yang korosif. Sedangkan sisi lainnya akan

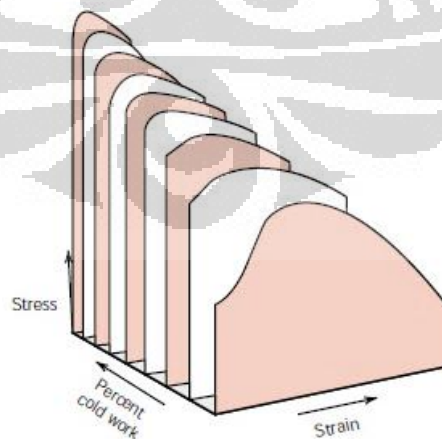
dilapisi dengan *coating/painting*, selain untuk melindungi dari lingkungan yang korosif juga baik sebagai estetika.

Baja canai biasanya langsung dibuat di pabrik pembuatan baja, yang dapat dilihat seperti pada Gambar 2. 7.



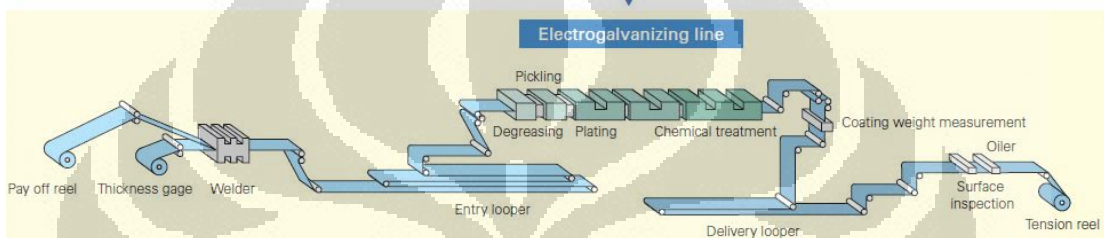
Gambar 2. 7. alur proses pembuatan pelat baja canai panas dan dingin [1]

Proses canai sendiri bertujuan selain untuk mengatur ketebalan juga dapat meningkatkan kekuatan karena terjadi fenomena pengerasan regang, seperti pada Gambar 2. 8.

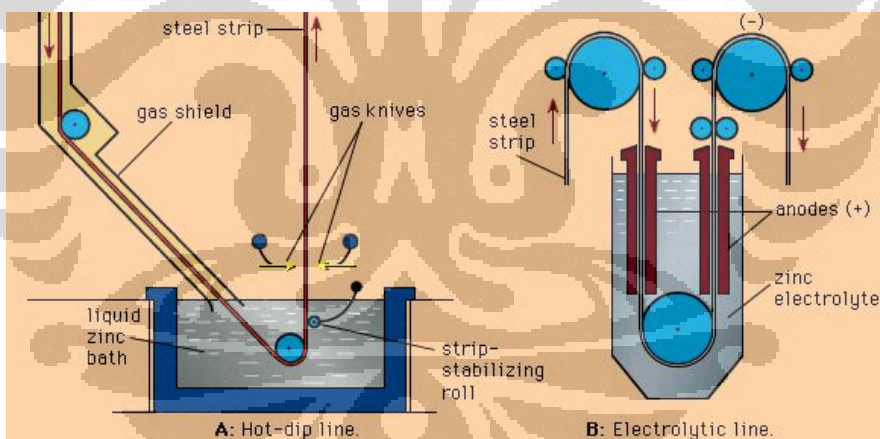


Gambar 2. 8. Pengaruh strain hardening dari pengerjaan dingin pada baja karbon rendah [4]

Proses pelapisan yang paling umum untuk pelat lembaran dengan produksi massal adalah dengan celup panas dan elektro-galvanis. Pada metode hot-dip, pelat lembaran dicelupkan ke dalam cairan/molten Zn. Setelah dikeluarkan, Zn tersebut menjadi dingin lalu akan membeku dan menjadi padat, sedangkan pada metode elektro-galvanis, pelat lembaran dicelupkan ke dalam cairan elektrolit Zn, kemudian dengan proses galvanis, Zn akan berpindah ke pelat lembaran (sebagai katoda). Hal ini dapat dilihat seperti pada Gambar 2. 10.

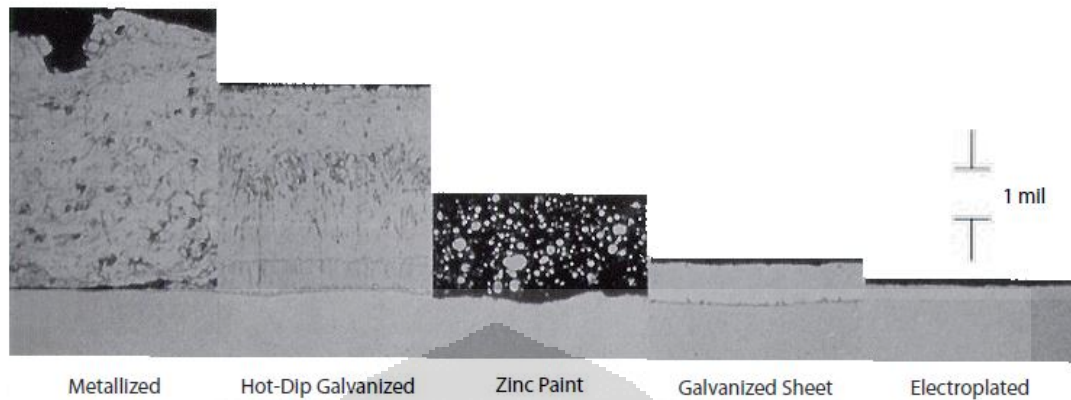


Gambar 2. 9. alur proses pelapisan dengan sistem elektro-galvanizing [1]



Gambar 2. 10. perbedaan alur proses pelapisan antara (A) celup panas dan (B) elektro-galvanis [11]

Selain celup panas dan elektro-galvanis, ada juga beberapa metode pelapisan Zn yang biasanya dilakukan langsung pada produk seperti : *metallized*, *zinc painting*, dan *electroplating*.



Gambar 2. 11. Mikrostruktur dari beberapa metode pelapisan Zn [6]

Pada Gambar 2. 11. dapat terlihat perbedaan ketebalan dan struktur mikro yang signifikan antar beberapa proses pelapisan.

2. 2. 1 Material SPCE

SPCEN (JIS G 3141) adalah salah satu jenis material baja karbon rendah lembaran yang diproses canai dalam kondisi suhu ruang. N adalah akhiran yang ditambahkan pada SPCE untuk menjelaskan bahwa telah dijamin properties non-agingnya.[5] Baja ini memiliki komposisi seperti pada Tabel 2. 2 dan kekuatan mekanik seperti pada Tabel 2. 3.

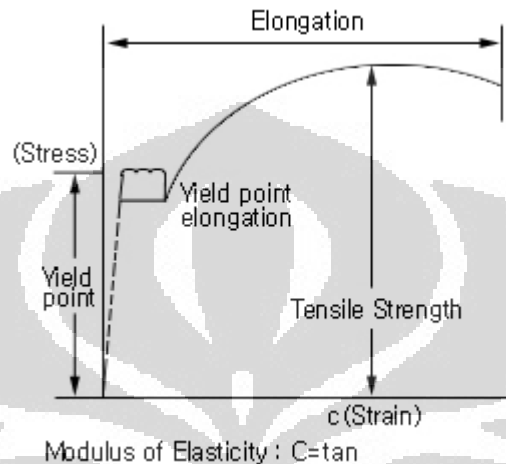
Tabel 2. 2. Komposisi kimia untuk material SPCE

Material	C	Mn	P	S
SPCE	0.08 max	0.40 max	0.030 max	0.030 max

Tabel 2. 3. Propertis mekanis dari SPCE [5]

Kekuatan tarik [N/mm ²]	Elongasi [%]
270 min.	40 min.

Kekuatan tarik adalah kekuatan maksimal dari material saat mendapatkan beban tarik. Sedangkan elongasi adalah pertambahan panjang dari material saat mendapatkan beban tarik sampai akhirnya patah, seperti pada Gambar 2. 12.



Gambar 2. 12. kurva *stress-strain* untuk melihat kekuatan tarik, kekuatan luluh, dan pertambahan panjang dari suatu material

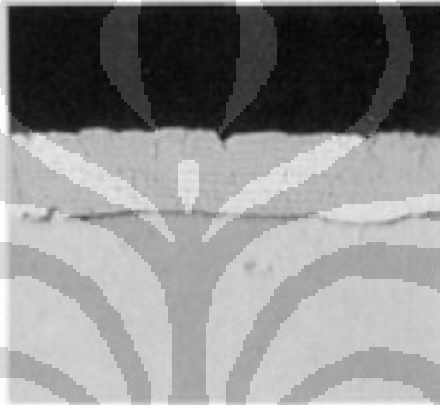
2. 2. 2 Elektrogalvanis Zinc-Nickel

Plating seng paduan telah digunakan sejak tahun 1980 di Jepang dan Eropa, dan Amerika Serikat. Pengembangan teknologi ini adalah karena permintaan yang tinggi terhadap *coating* dengan performa yang tinggi, khususnya pada industri otomotif. Penggerak pengembangan lainnya adalah untuk mencari pengganti yang seimbang dalam menggantikan plating cadmium, dimana sangat beracun dan banyak dilarang dibanyak negara industri.

Penggunaan paduan Zn memberikan beberapa keuntungan. Secara elektrokimia, paduan memiliki potensial korosi yang berbeda dari elemen pepadunya. Paduan dari Zn, contohnya, dapat didisain untuk tetap sebagai anoda proteksi terhadap baja, tetapi masih sedikit lebih tahan dibandingkan Zn murni. Paduan Zn dipakai sebagai anoda korban terhadap komponen baja, tetapi korosinya masih lebih lambat dibandingkan Zn murni saat terpapar pada lingkungan yang korosif.

Elektro-galvanis adalah salah satu cara dalam menghindari terjadinya proses korosi pada logam, terlebih lagi pada baja. Cara ini adalah dengan melapisi suatu logam, misalnya baja karbon, dengan logam lain. Yang paling umum adalah pelapisan dengan Zn. Sehingga material utama akan terlindungi oleh lapisan di atasnya dapat menjauhkan resiko terkorosinya material utama apabila terpapar di lingkungan yang korosif.

Fungsi Nikel (Ni) sendiri adalah untuk meningkatkan ketahanan korosi dari Zn. Paduan Zn dan Ni 5 – 13% memiliki ketahanan korosi yang tinggi. [8, 15]



Gambar 2. 13. Mikrostruktur dari elektro-galvanis [7]

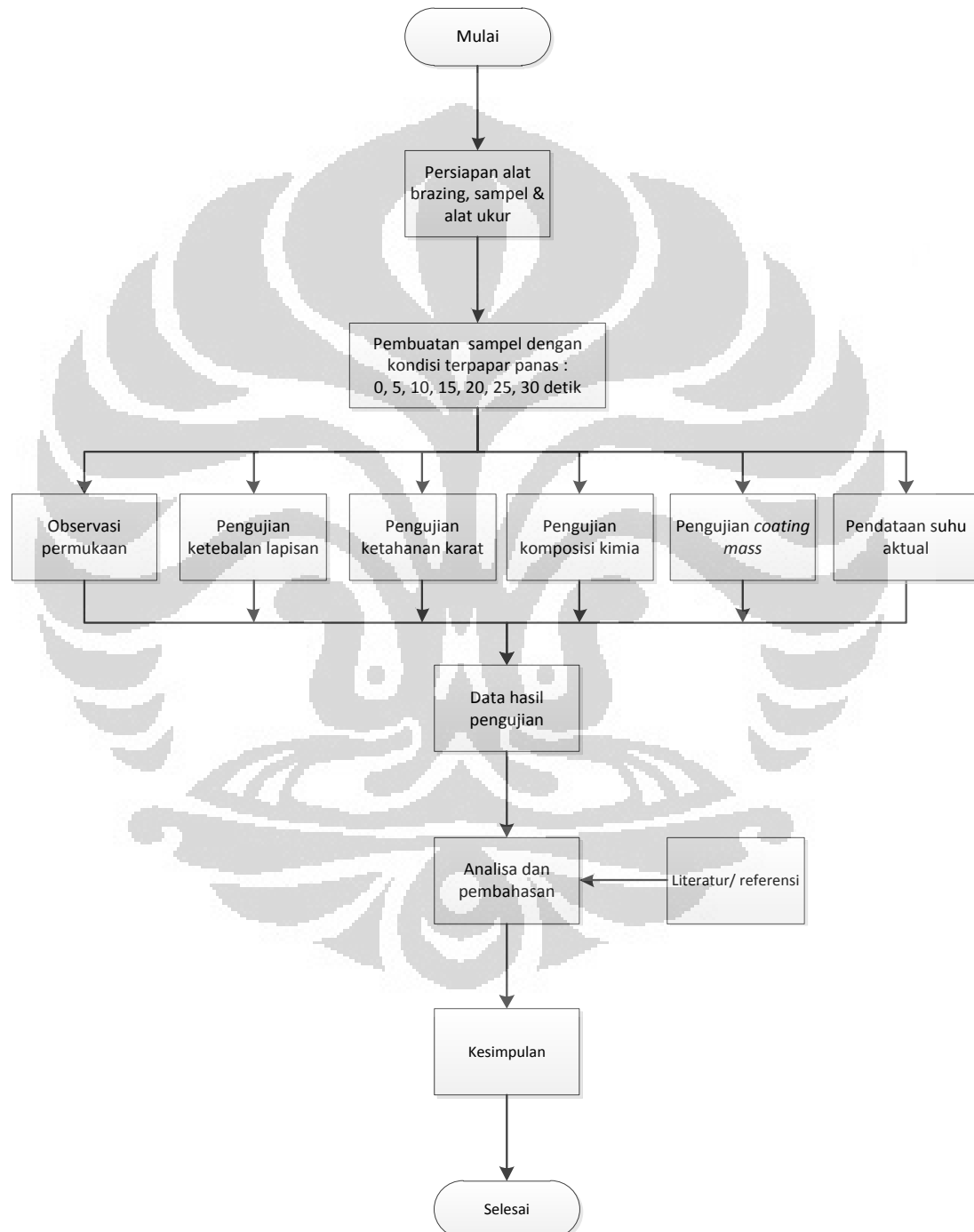
Ketahanan karat dari paduan Zn-Ni bukan hanya saat diproses dengan elektro-galvanis, juga saat diproses dengan menggunakan metode pelapisan dengan komposit. Lapisan komposit Zn-Ni masih lebih tinggi ketahanan korosinya bila dibandingkan dengan lapisan Zn. [18]

Komponen otomotif paling banyak mengaplikasikan penggunaan electro-plating karena selain lebih sederhana juga sangat efisien dalam pembuatan produk dengan jumlah yang sangat besar. Contoh mikrostruktur dari elektro-galvanis dapat dilihat pada Gambar 2. 13.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3. 1. Diagram alur penelitian seperti berikut :



Gambar 3.1. Diagram alur penelitian

3. 2. Peralatan dan bahan

a. Alat.

Alat – alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Peralatan *brazing (torch)*
2. Termometer + termokopel tipe K
3. Mesin *salt spray test*
4. Mesin *Scanning Electron Microscope/Energy Dispersive X-ray Spectrometer*
JEOL
5. Mesin *X-Ray Fluorescence*
6. *Ultrasonic cleaner*
7. *Vaccum JFC 1600 Auto Fine Coater*
8. Mesin Tekan - Panas
9. Mesin *Fine cutting*
10. Mesin gerinda-poles
11. *Metalurgical microscope* Nikon Epipot 300
12. Tang
13. *Stopwatch*
14. Kamera *digital*
15. Gelas ukur
16. Pinset
17. Timbangan *digital*
18. Sarung tangan karet
19. Kacamata
20. Mesin gergaji/*vertical band saw*
21. *Vernier caliper*
22. Pipet

b. Bahan

Bahan – bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Material pelat ZLEN
2. Garam NaCl *Merck*
3. Resin bakelit
4. *Demineralized water*
5. HCl *Merck*
6. SbCl₃
7. Minyak tanah
8. Selotip
9. Amplas kekasaran ~4000 & kain beludru
10. Alumina *polishing*
11. Sampel klip
12. *Carbon tape*

3.3. Prosedur Penelitian

a. Persiapan benda kerja

Pengujian ini menggunakan pelat elektro-galvanis Zn-Ni-Co (ZLEN) 20/0, yang artinya hanya salah satu sisi saja dilapisi sebanyak 20g/m² sedangkan sisi lainnya tanpa lapisan elektro-galvanis dan kemudian dipassivasi oleh *supplier* material. Benda kerja dibuat dengan ukuran 150 x 70 x 0.8 mm sesuai dengan standar. Karena hanya akan membuat sampel dan bukannya membuat komponen, sehingga hanya akan memanaskan pelat tersebut tanpa perlu dilakukan penggabungan dengan pipa.

Untuk pembuatan sampel uji, pelat tersebut yang dipanaskan menggunakan api dari peralatan *brazing*. Posisi *torch* sama seperti saat pembuatan komponen, dengan asumsi panas yang diterima pelat akan sama kondisinya, yang membedakan hanya waktu pemanasannya saja. Kemudian dibuatkan beberapa kondisi waktu pemanasan, yaitu 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 detik.

Pemanasan dilakukan dilakukan langsung pada sisi yang tidak ada lapisan elektro-galvanisnya, dan secara konduksi panas akan merambat ke arah sisi yang ada lapisan elektro-galvanisnya. Skematis pemanasannya seperti pada Gambar 3. 1.



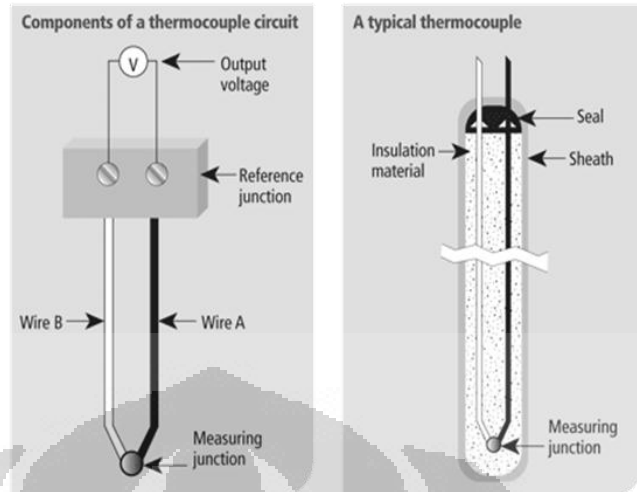
Gambar 3. 2. Posisi pemanasan sampel

b. Metode pengujian

- Pengukuran suhu aktual yang diterima lapisan proteksi elektro-galvanis saat sisi lainnya dari pelat dipanaskan adalah dengan menempatkan termokopel tipe K yang terhubung dengan *reader*-nya. Saat sampel dipanaskan dalam 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 detik; diukur suhu tertinggi pada masing-masing sampel.

Tabel 3.1. Jenis dan tipe dari termokopel [12]

ISA	Material (+ & -)	Temperature Range °C (°F)	Sensitivity@ 25°C (77°F) µV/°C (µV/°F)
E	Chromel & Constantan (Ni-Cr & Cu-Ni)	-270~1000 (-450~1800)	60.9 (38.3)
J	Iron & Constantan (Fe & Cu-Ni)	-210~1200 (-350~2200)	51.7 (28.7)
K	Chromel & Alumel (Ni-Cr & Ni-Al)	-270~1350 (-450~2500)	40.6 (22.6)
T	Copper & Constantan (Cu & Cu-Ni)	-270~400 (-450~750)	40.6 (22.6)
R	Platinum & 87% Platinum/ 13% Rhodium (Pt & Pt-Rh)	-50~1750 (-60~3200)	6 (3.3)
S	Platinum & 90% Platinum/ 10% Rhodium (Pt & Pt-Rh)	-50~1750 (-60~3200)	6 (3.3)



Gambar 3. 3. Skema dan tipe dari termokopel [12]

Jenis, tipe, dan skema dari termokopel dapat dilihat pada Tabel 3. 1. dan Gambar 3. 3.

- Pengujian ketahanan korosi dengan metode sembur garam menggunakan standar JIS Z2371 – 2000 : *Methods of salt spray testing* dan dengan menggunakan mesin *Hung Ta - Salt Spray Test Chamber*.



Gambar 3. 4. Mesin sembur garam

Sampel yang telah dibuat akan dipaparkan pada lingkungan yang korosif, yaitu disemprot dengan air yang mengandung 5% garam NaCl, dengan kondisi pH cairan yang netral 6,5 ~ 7,2; di dalam sebuah *chamber* pada suhu 40°C.

Pengujian ini bertujuan untuk mempercepat proses korosi pada produk sampel bila dibandingkan dengan proses korosi yang alami, seperti bila terkena hujan (asam) atau produk dalam kondisi lembab.

Sampel disusun sedemikian rupa sehingga akan terpapar langsung dengan lingkungan yang korosif, tidak tertutup sampel yang lain, dan tetesan dari uap airpun tidak akan tergenang pada permukaan sampel tapi akan langsung jatuh.

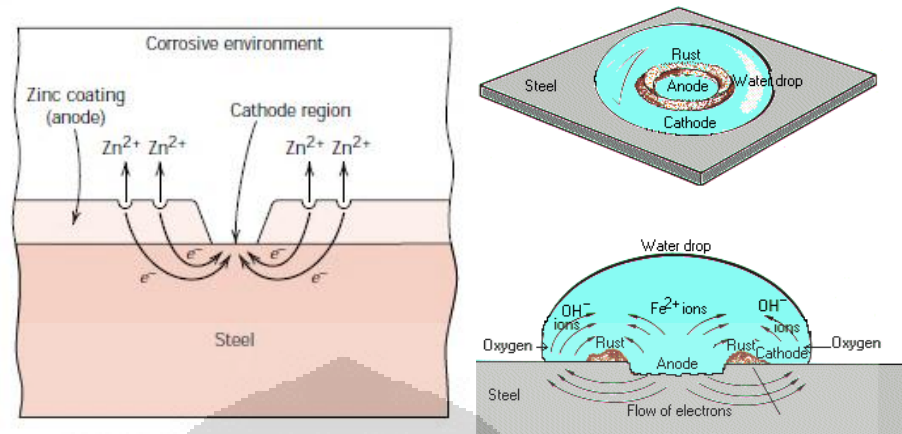
Setelah pengujian dimulai, setiap 24 jam sampel akan dievaluasi, hingga terlihat produk korosi dari baja yang berwarna merah-coklat.



Gambar 3. 5. Contoh produk korosi putih dan merah

Korosi berwarna putih adalah produk korosi dari lapisan proteksi Zn berupa ZnO [20], sedangkan korosi berwarna merah adalah produk korosi dari besi/baja berupa Fe_2O_3 [21]. Pada Gambar 3. 5. memperlihatkan contoh produk korosi berwarna putih dan merah.

Fenomena terjadinyakarat saat pengujian sembur garam pada baja elektro-galvanis Zn seperti pada gambar 3. 6.



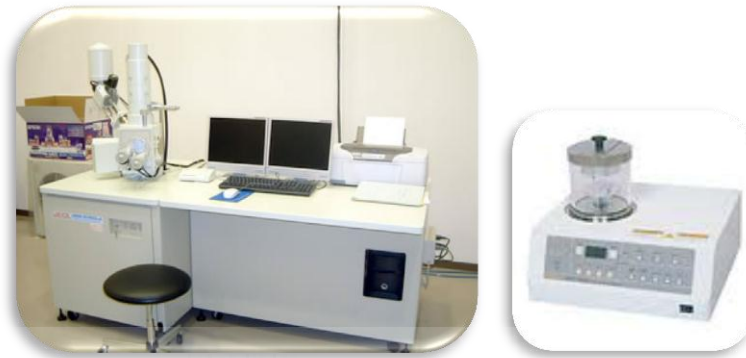
Gambar 3. 6. Fenomena terjadinya korosi pada baja dengan pelapisan Zn dan baja tanpa pelapisan [4]

- Pengamatan permukaan/morfologi menggunakan SEM JEOL JSM 6360LA Analytical Scanning Electron Microscope yang dilengkapi dengan energy dispersive X-Ray spectrometer (EDS).

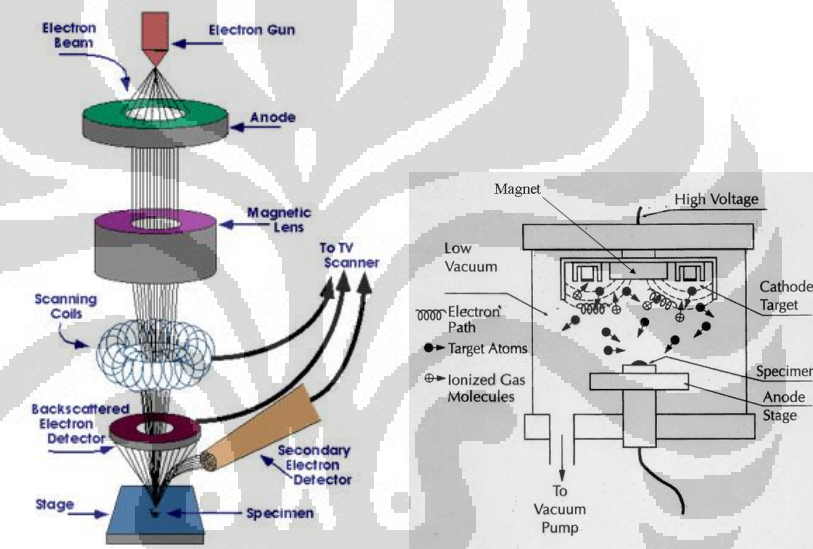
Sebelum dilakukan analisa SEM, permukaan benda kerja dibersihkan terlebih dahulu menggunakan pembersih ultrasonik dan dilapisi dengan lapisan platinum. Hal ini dapat dilakukan menggunakan vakum JEOL JFC 1600 Auto Fine Coater.

Proses pelapisan cukup dengan waktu sekitar 15 detik, tekanan vakum 9 kPa. Fungsi *fine coater* adalah untuk melapisi permukaan sampel yang tidak konduktif dengan bahan konduktif sehingga dapat dengan jelas dipengamatan menggunakan SEM.

Alat uji dan prinsip kerja dari SEM + EDS dan fine coater dapat dilihat pada Gambar 3. 7. dan 3. 8.



Gambar 3. 7. Alat uji *Scanning Electron Microscope+EDS* dan *Auto Fine Coater*



Gambar 3.8. Prinsip kerja dari SEM dan *fine coater/sputtering*

- Pengamatan ketebalan lapisan menggunakan uji rusak, yaitu dengan memotong sampel pada lokasi yang akan diuji dan kemudian dilakukan pengujian ketebalan dengan metode menggunakan 2 cara, yaitu mikroskop metalografi dan mikroskop elektron (SEM). Sebelum diuji ketebalannya, potongan sampel dibuat pegangan menggunakan *hot mounting* dengan posisi tegak, kemudian diampelas sampai kekasaran 4000. Setelah halus, dilanjutkan dengan memoles menggunakan kain beludru yang berserat halus. Hindari penggunaan air saat pemolesan karena akan mengkorosi lapisan Zn-nya. Sebagai penggantinya dapat menggunakan minyak tanah ataupun campuran alkohol-gliserol. Setelah bebas dari goresan, sampel preparasi tersebut diamati dan dihitung

ketebalan lapisan elektro-galvanisnya dengan perbandingan menggunakan skala. Peralatan untuk persiapan mengamati ketebalan lapisan seperti pada Gambar 3. 9. dan 3. 10.



Gambar 3. 9. (kiri-kanan) *Hot Mounting* – Mesin amplas/poles – amplas & kain poles halus



Gambar 3.10. Alat *inverted metallography microscope*

- Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan dua cara, yaitu menguji dari arah atas permukaan lapisan elektro-galvanis, yaitu dengan alat *X-Ray Fluorescence*, dan yang kedua adalah pada potongan penampang, dengan menggunakan alat *Energy Dispersive X-ray Spectrometer (EDS)*. Seluruh sampel diuji komposisinya dengan dua cara ini. Peralatan uji inidapat dilihat pada Gambar 3. 11.



Gambar 3. 11. Alat *X-Ray Fluorescence* dan *anti-radiation chamber*

- Pengujian berat lapisan elektro-galvanis, adalah dengan teknik melarutkan lapisan eletrogalvanisnya dengan campuran asam klorida dan antimoni (III) klorida (SbCl_3).

Hal pertama yang harus dilakukan adalah pembuatan larutan kimia, dimana dengan mencampurkan 32g antimony (III) klorida dengan 1liter HCl. Kemudian untuk mendapatkan cairan yang akan digunakan saat melarutkan lapisan galvanis adalah dengan mencampurkan 50ml *stock solution* dengan 100ml HCl.[9]

Tahap selanjutnya adalah mengambil potongan sampel dari semua kondisi. Pastikan potongan sampel tersebut berada di lokasi yang terkena efek panas langsung. Sebelum dimasukan ke dalam larutan, hitung luas permukaan potongan sampel tersebut dan hitung berat awal dengan timbangan digital. Skema dan peralatan pengujian seperti pada Gambar 3. 12.



Gambar 3.12. Skema singkat cara menghitung berat lapisan elektro-galvanis

Persamaan untuk menghitung berat lapisan elektro-galvanis seperti berikut :

$$\text{Berat lapisan} = \frac{\text{Berat awal} - \text{berat akhir}}{2 \times \text{luas penampang permukaan}}$$

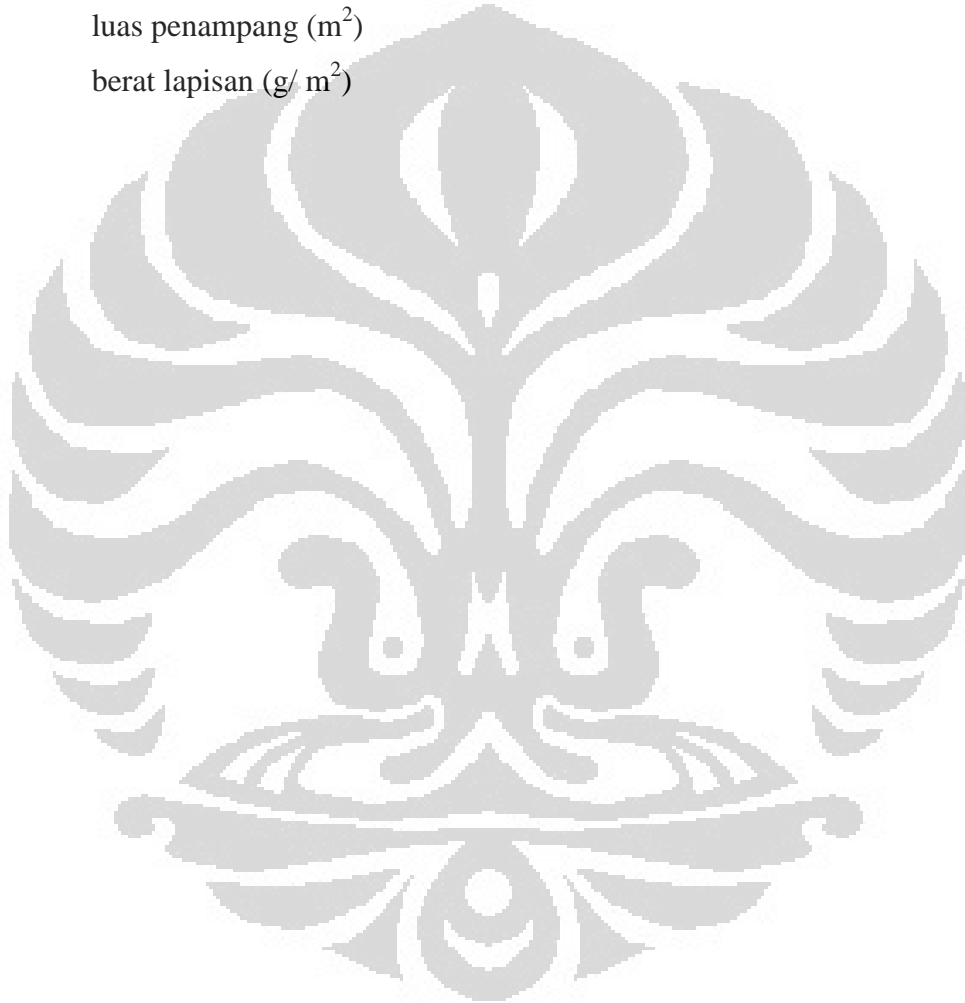
Rumus 1 Untuk menghitung berat lapisan elektro-galvanis

Dimana satuan untuk :

berat lapisan (gram)

luas penampang (m^2)

berat lapisan (g/m^2)



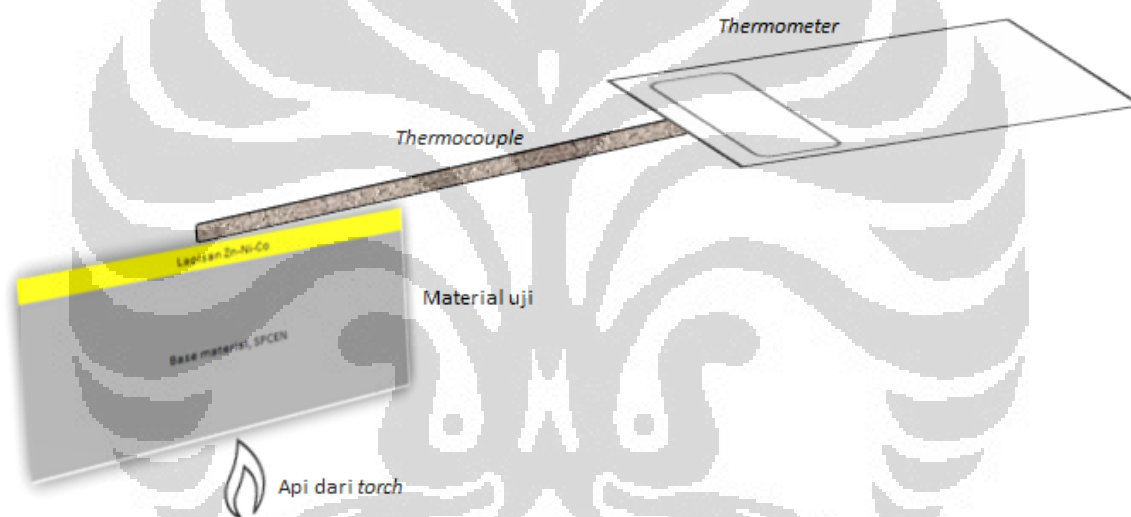
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini melakukan beberapa pengujian untuk melihat pengaruh panas terhadap kualitas lapisan elektro-galvanis Zn-Ni-Co.

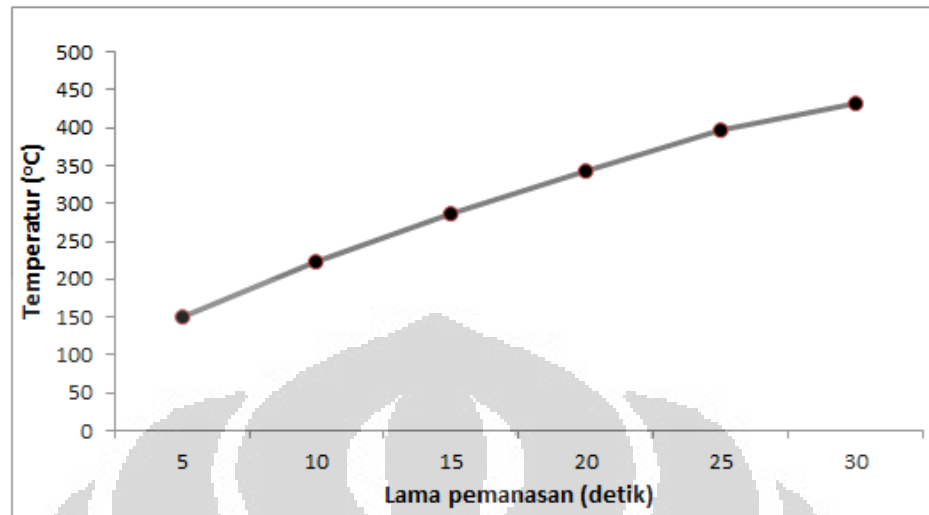
4.1. Pengukuran suhu aktual

Saat proses pembuatan sampel, dimana sampel dipanaskan dengan torch *brazing* selama 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 detik dibagian yang tidak ada lapisan elektro-galvanisnya, sisi lainnya yang ada lapisan elektro-galvanisnya diukur suhu aktualnya dengan menempelkan termokopel, seperti pada Gambar 4. 1.



Gambar 4. 1. Skema pengukuran suhu aktual pemanasan

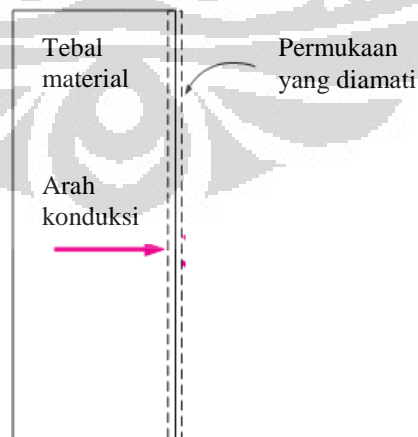
Didapatkan hasil :



Gambar 4. 2. Perbandingan panas yang diterima sisi permukaan galvanis terhadap lama pemanasan

Dari Gambar 4.1. terlihat hubungan yang jelas bahwa lama pemanasan pada sisi yang tidak ada lapisan elektro-galvanisnya sangat berpengaruh terhadap panas yang diterima di permukaan yang ada lapisan elektro-galvanisnya. Semakin lama pemanasan dilakukan maka lapisan elektro-galvanis akan semakin terpapar panas yang tinggi.

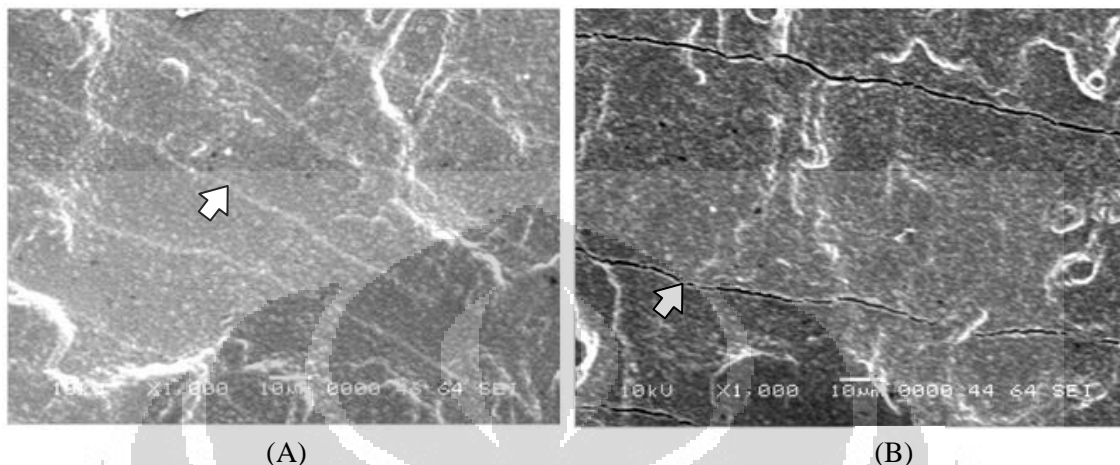
Panas yang diterima sisi permukaan galvanis adalah karena transfer panas secara konduksi dari sisi yang dipanaskan dengan api *brazing* seperti pada Gambar 4. 3.



Gambar 4. 3. Skema arah perambatan panas

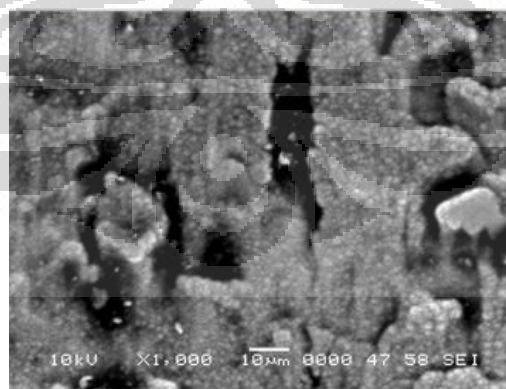
4. 2. Pengamatan Morfologi Permukaan Sampel

Setelah dipanaskan dengan beberapa kondisi waktu, permukaan sampel kemudian diamati menggunakan SEM untuk melihat kondisi dan morfologi permukaan sampel.



Gambar 4. 4. Sampel dengan pemanasan 5 detik (A) dan 30 detik (B). Panah menunjukkan adanya retakan pada lapisan elektro-galvanis

Dari Gambar 4. 4. dapat terlihat bahwa terbentuknya retakan-retakan pada permukaan lapisan elektro-galvanis retak saat terpapar panas. Pada sampel dengan pemanasan 5 detik, dapat terlihat adanya garis-garis halus yang mengindikasikan sebagai awal retakan. Sedangkan pada sampel dengan pemanasan 30 detik retakan terlihat semakin jelas lagi.



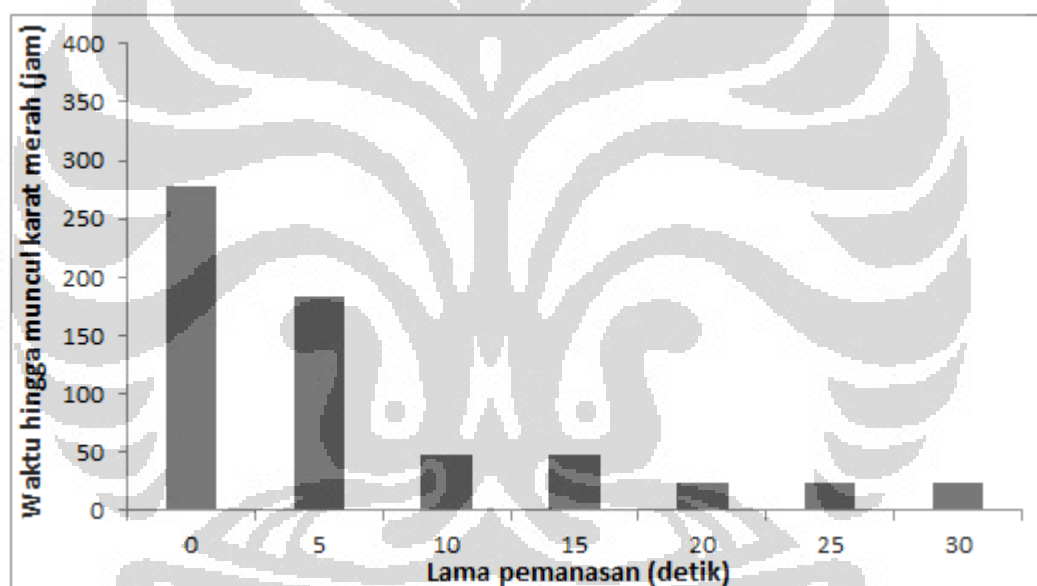
Gambar 4. 5. Sampel tanpa pemanasan (baru)

Bila dibandingkan dengan sampel baru yang tidak dilakukan pemanasan, tidak terlihat adanya indikasi retakan. Sehingga dapat dipastikan bahwa retakan tersebut terjadi saat terpapar suhu yang tinggi.

4.3. Hasil Uji Ketahanan Korosi

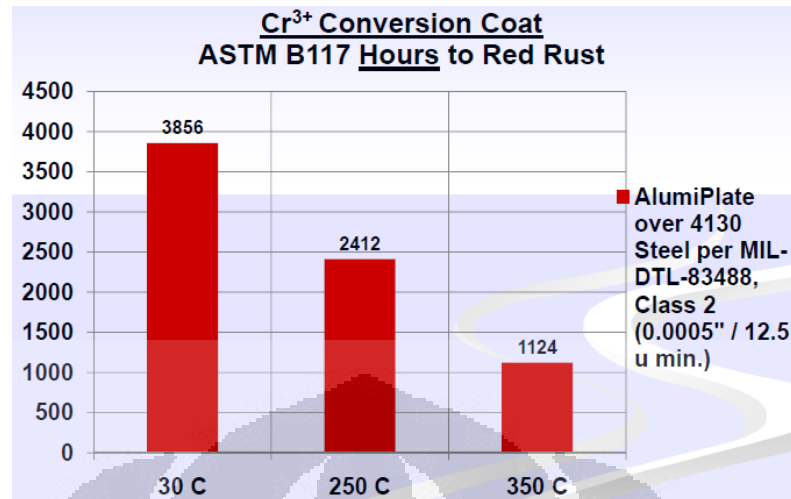
Dari hasil pengujian ketahanan korosi yang telah dilakukan sesuai metode uji yang telah disampaikan sebelumnya dapat terlihat hasilnya pada Gambar 4. 2. Dari Gambar tersebut dapat terlihat hubungan yang jelas antara lama pemanasan dengan ketahanan karat. Semakin lama waktu pemanasan maka semakin rendah ketahanan karat dari lapisan elektro-galvanis.

Menurunnya sifat ketahanan korosi saat terpapar suhu tinggi sangat berhubungan dengan hasil di gambar 4. 6. yang memperlihatkan kondisi permukaan lapisan elektro-galvanis rusak. Saat material ini di dalam lingkungan yang korosif, langsung akan menyerang baja yang ada dibawah lapisan.

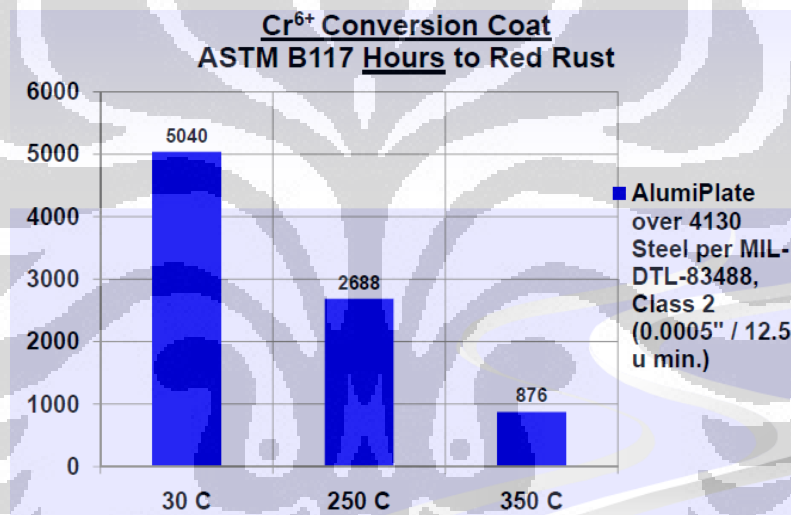


Gambar 4. 6. Perbandingan lama pemanasan dan waktu munculnya karat merah-coklat

Sebagai perbandingan, dari laporan Kelly Donaldson, [14] menyatakan bahwa kemampuan lapisan *conversion coating* dalam menahan karat akan berkurang setelah terpapar panas. Pada pengujian ini yang digunakan adalah jenis pelat baja dengan lapisan *conversion coating* aluminium di atasnya.



(A)



(B)

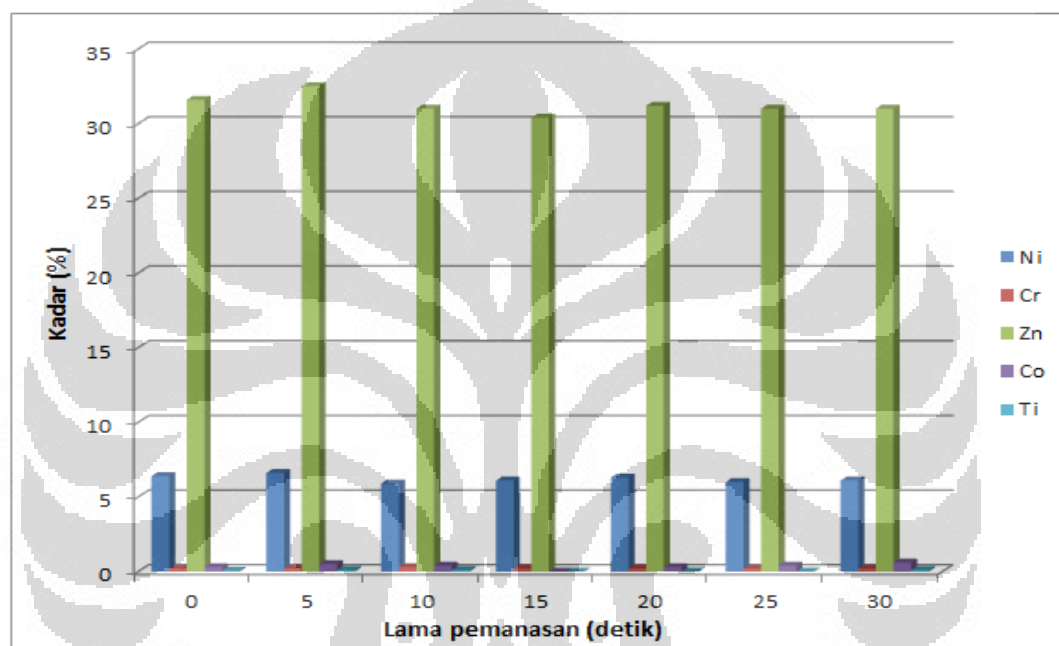
Gambar 4. 7. Perbandingan suhu pemanasan dan waktu munculnya karat merah-coklat pada pelat baja dengan lapisan Cr³⁺ (A) dan Cr⁶⁺ (B) *conversion coating* aluminium di atasnya [14].

Pada Gambar 4. 7 (A) dan (B) menunjukkan terjadinya penurunan ketahanan karat setelah terpapar panas yang lebih tinggi. Penurunan ketahanan karat terlihat setelah dilakukan pengujian sembur garam sesuai ASTM B117.

4.4. Hasil Pengujian Komposisi Kimia

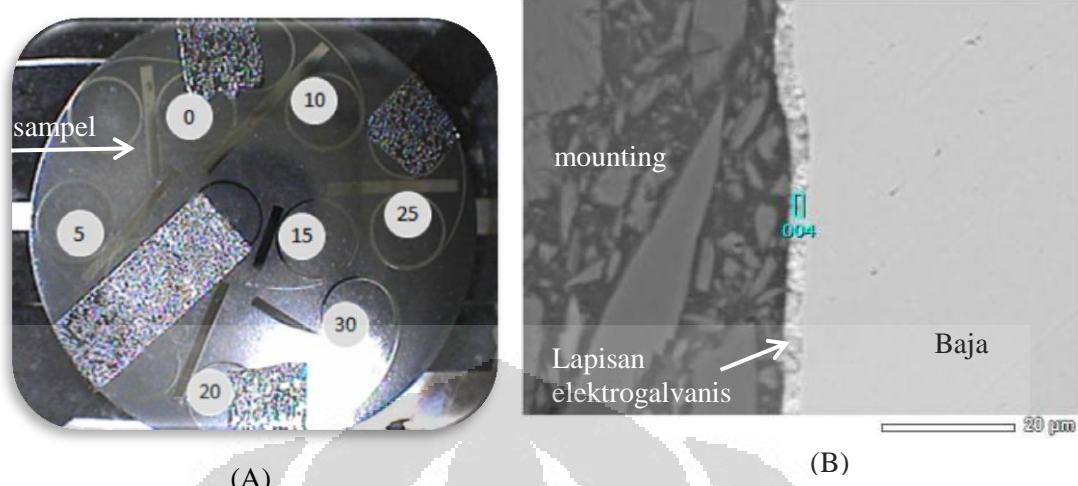
Pada pengujian ini menggunakan dua teknik, yaitu menggunakan XRF, untuk melihat komposisi lapisan elektro-galvanis dari atas permukaan dan menggunakan EDS, untuk melihat komposisi lapisan elektro-galvanis dari arah penampang.

Yang pertama, hasil pengujian terhadap beberapa permukaan sampel dengan menggunakan XRF seperti Gambar 4. 8.



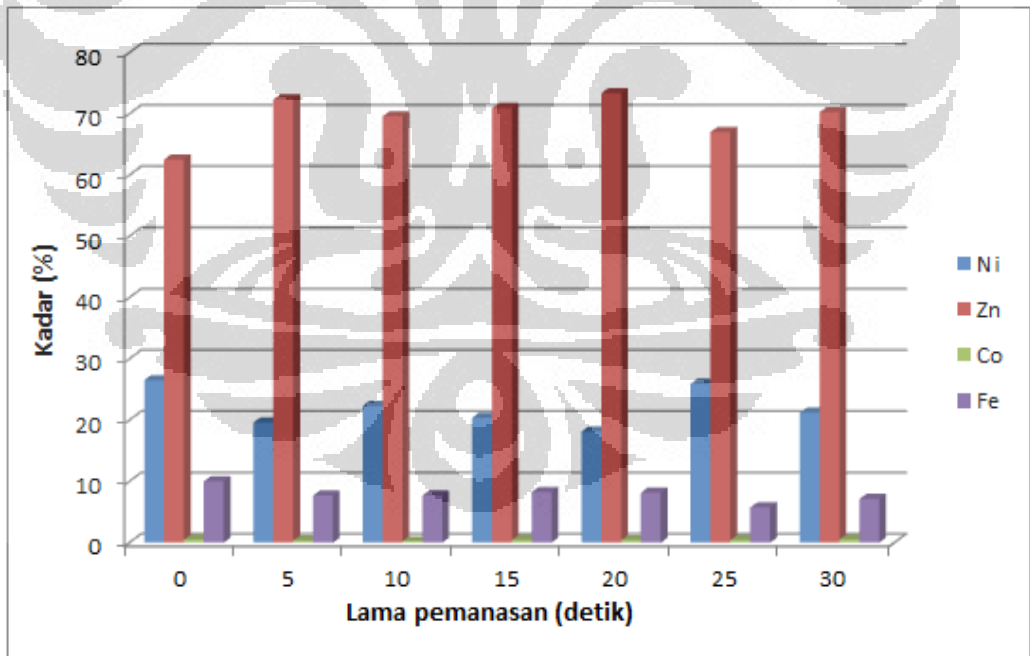
Gambar 4. 8. Perbandingan lama pemanasan dan % kadar unsur di permukaan sampel

Dari Gambar 4. 8. terlihat unsur yang paling dominan adalah Zn dan Ni. Kedua unsur ini tetap stabil dikisaran 31 % dan 6 %, Lama pemanasan tidak memengaruhi kadar unsur lapisan elektro-galvanis.



Gambar 4. 9. (A) Potongan penampang beberapa sampel yang telah di-mounting & dipreparasi. (B) hasil visualisasi dengan menggunakan SEM & diuji dengan EDS

Setelah sampel dipreparasi dan dilihat potongan penampangnya, seperti pada Gambar 4. 9., pengujian untuk melihat komposisi lapisan elektro-galvanis dilakukan menggunakan EDS, dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4. 10.

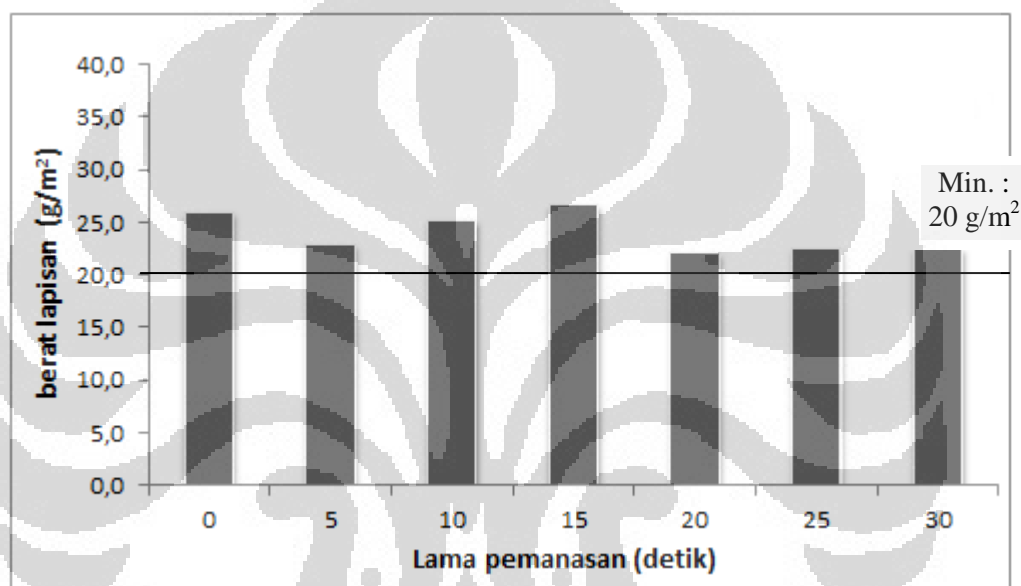


Gambar 4. 10. Perbandingan lama pemanasan dan % kadar unsur di potongan penampang sampel

Dari Gambar 4. 10. pun tidak terlihat adanya hubungan yang kuat antara lama pemanasan dan % kadar unsur penyusun lapisan elektro-galvanis. Dengan kata lain, unsur penyusun lapisan elektro-galvanis tetap ada walaupun saat terpapar panas.

4.5. Hasil Uji Berat Lapisan Elektro-galvanis

Dengan teknik melarutkan lapisan elektro-galvanis, dan kemudian membandingkan berat sebelum dan setelah proses pelarutan, hasilnya seperti Gambar 4. 11.

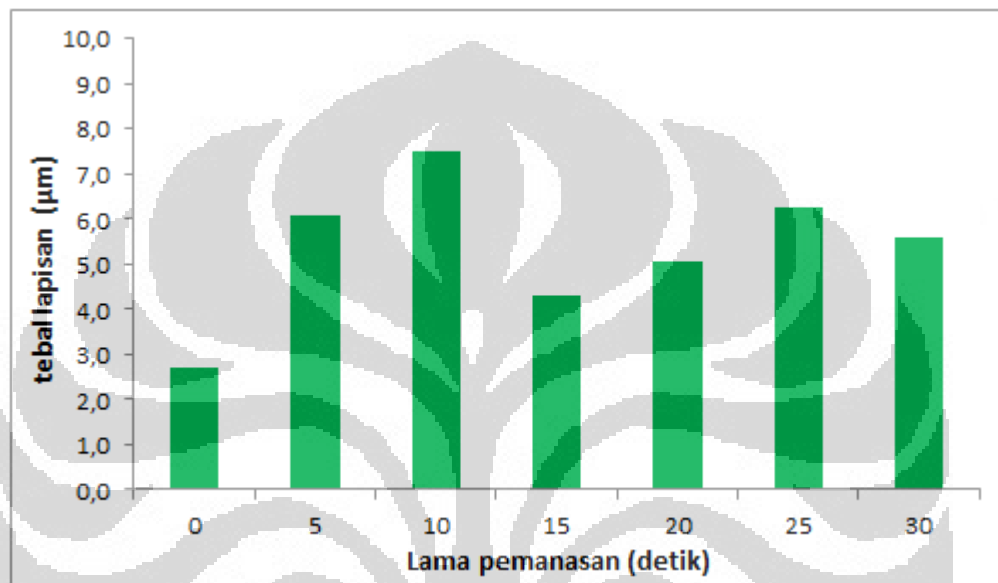


Gambar 4. 11. Perbandingan lama pemanasan dan berat lapisan elektro-galvanis

Dari hasil pengujian berat lapisan elektro-galvanis dapat diketahui bahwa lama pemanasan tidak berpengaruh terhadap berat lapisan. Semua sampel masih di atas minimal ambang batas, yaitu 20 g/m² sesuai standar dari *Nippon Steel*.

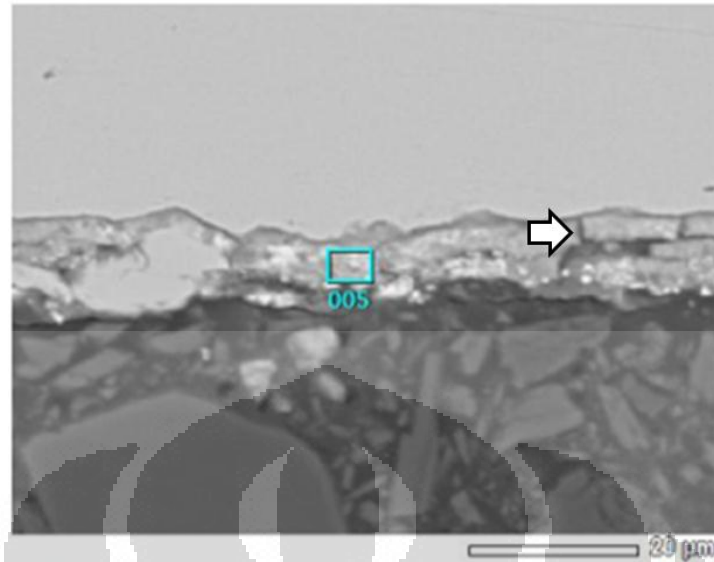
4.5. Hasil Uji Ketebalan Lapisan Elektro-galvanis

Sampel yang telah dipotong penampangnya kemudian dipengamatan dengan menggunakan mikroskop metalografi dengan perbesaran 500X untuk melihat kestabilan lapisan dan ditambah data dari SEM dengan perbesaran yang lebih tinggi, hingga 1500X, didapatkan hasil seperti Gambar 4. 12.



Gambar 4. 12. Perbandingan lama pemanasan dan tebal lapisan elektro-galvanis

Dari Gambar 4. 12, dapat terlihat terjadinya peningkatan ketebalan saat lapisan elektro-galvanis terpapar panas, walaupun dari Gambar 4.11. terlihat tidak terjadi peningkatan berat lapisan namun dalam hal ini terjadi peningkatan ketebalan.



Gambar 4. 13. Potongan penampang sampel dengan pemanasan 15 detik

Dari Gambar 4. 13. dapat terlihat terjadinya retakan pada lapisan elektro-galvanis. Bila dibandingkan juga dengan Gambar 4. 4. dan Gambar 4. 5. maka dapat dipastikan bahwa retakan yang ada dipermukaan juga terjadi dibagian dalam. Hal inilah yang akhirnya membuat ketebalan lapisan seolah-olah meningkat karena terpapar suhu tinggi.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5. 1. Kesimpulan

Hasil dari beberapa pengujian yang dilakukan terhadap material elektro-galvanis Zn-Ni-Co pada baja hasil canai dingin setelah terpapar panas oleh api saat proses *brazing* adalah sebagai :

- Setelah terpapar panas, permukaan lapisan elektro-galvanis mulai terjadi retakan halus, bahkan dengan panas sekitar 150°C telah merusak permukaan lapisan elektro-galvanis Zn-Ni-Co.
- Ketahanan korosi jauh menurun saat lapisan elektro-galvanis terpapar panas.
- Kedua unsur pembentuk utama lapisan elektro-galvanis Zn dan Ni ini masih tetap ada dalam jumlah yang relatif stabil walaupun saat terpapar panas tinggi (lebih dari 400°C) baik di permukaan maupun di bagian dalamnya.
- Berat lapisan elektro-galvanis tidak terpengaruh saat terpapar panas tinggi.
- Tebal lapisan elektro-galvanis cenderung meningkat saat terpapar panas yang tinggi. Meningkatnya ketebalan lapisan ini karena retaknya lapisan tersebut dan berubah bentuk dan lebih terangkat. Kemungkinan ini karena rusaknya sifat adhesif dari lapisan galvanis dan baja hasil canai dingin.

5. 2. Saran

Perlu dilakukan studi lebih lanjut agar berkurangnya/hilangnya sifat ketahanan korosi karena terpapar panas proses manufaktur dapat ditangani danantisipasi sehingga kualitas material ini akan tetap terjaga.

Referensi

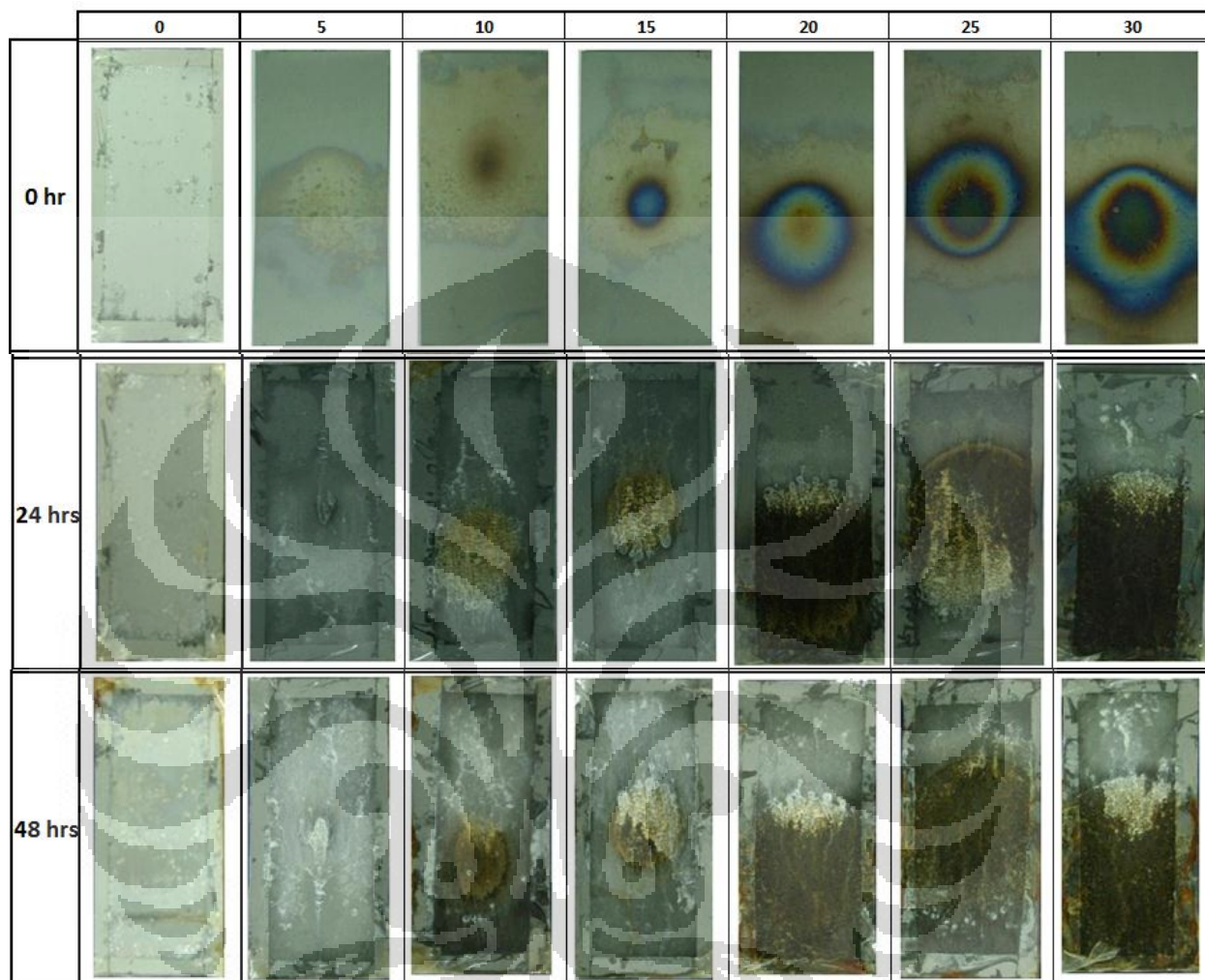
1. Durzinklite, Nippon Steel Corp.
2. Departemen Metalurgi & Material FT UI, Pengantar Teknologi Pengelasan: Teknik Penyambungan Lainnya.
3. Copper and its alloys; Suranaree University of Technology
4. William D. Callister, Jr. Materials Science And Engineering, 2001
5. JIS G 3141 – 1996 Cold Reduced carbon steel sheet and strip
6. American Galvanizers Association, *Zinc Coatings*, 2011
7. Revised by T.E. Dwyer, National Steel Corporation, ASM Handbook Volume 9, Metallography and Microstructure, Coated Sheet Steel: Metallographic Techniques and Microstructures
8. S.A. Watson et al., ASM Handbook, Volume 5, Surface Engineering, Plating & Electroplating
9. JIS H0401 – 2007 : Test methods for hot dip galvanized *coatings*
10. JIS Z2371 – 2000 : Methods of salt spray testing
11. www.britannica.com/EBchecked/media/1542/Principles-of-hot-dip-and-electrolytic-galvanizing, 22 Juni 2012 jam 12.30 WIB
12. www.isa.org, 22 Juni 2012 jam 13.00 WIB
13. www.sputter-coater.de, 23 Juni 2012 jam 12.00 WIB
14. Kelly Donaldson, ASETS Defense, Feb 2011, New Orleans, LA
15. M Heydarzadeh Sohi, M Jalali, Study of the corrosion properties of zinc–nickel alloy electrodeposits before and after chromating Original Research Article Journal of Materials Processing Technology, Volume 138, 2003, Pages 63-66
16. L. Fedrizzi, R. Fratesi, G. Lunazzi, G. Roventi, Field and laboratory corrosion tests on zinc-nickel alloy *coatings* Original Research Article, Surface and *Coatings* Technology, Volume 53, 1992, Pages 171-176
17. J. F. Lancaster, Metallurgy of Welding, 6th edition, 1999
18. K. G. Chandrappa, T. V. Venkatesha*, K.O. Nayana and M. K. Punithkumar, Generation of nanocrystalline NiO particles by solution combustion method and

its Zn–NiO composite *coating* for corrosion protection, *Materials and Corrosion* 2012.

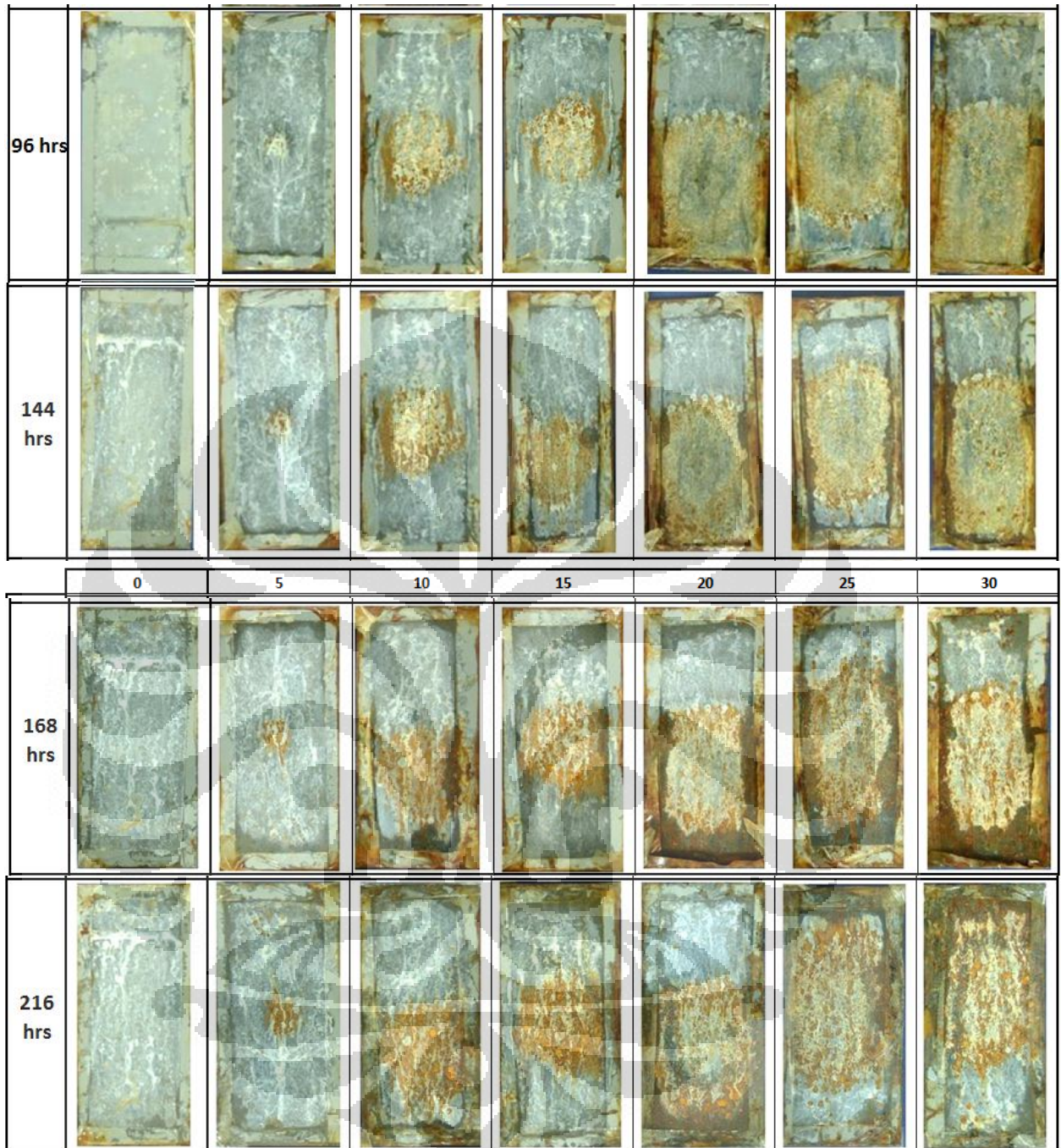
19. <http://www.aisi.or.id>, 22 Januari 2012 jam 13.00 WIB
20. R. Leonard, Continuous Hot Dip Coatings, *Corrosion: Fundamentals, Testing, and Protection*, Vol 13A, *ASM Handbook*, ASM International, 2003, p 786–793
21. BP. Boffardi, Corrosion Inhibitors in the Water Treatment Industry, *Corrosion: Fundamentals, Testing, and Protection*, Vol 13A, *ASM Handbook*, ASM International, 2003, p 891–906





Lampiran



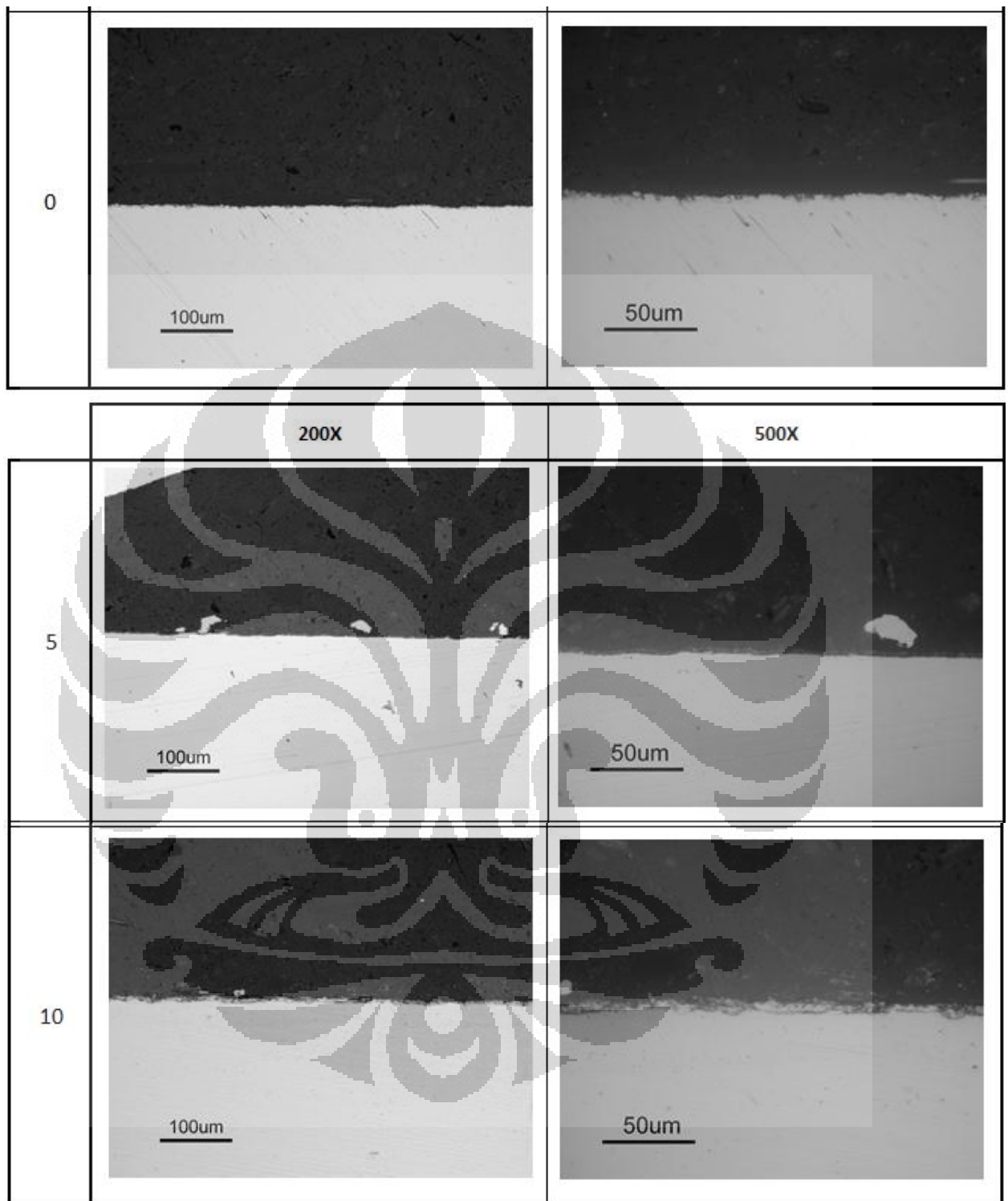
Lampiran 1. Hasil pengujian Salt Spray Test pada sampel uji 0 (tidak dipanaskan), pemanasan 5 sampai 30 detik, selama 24 dan 48 jam pengujian



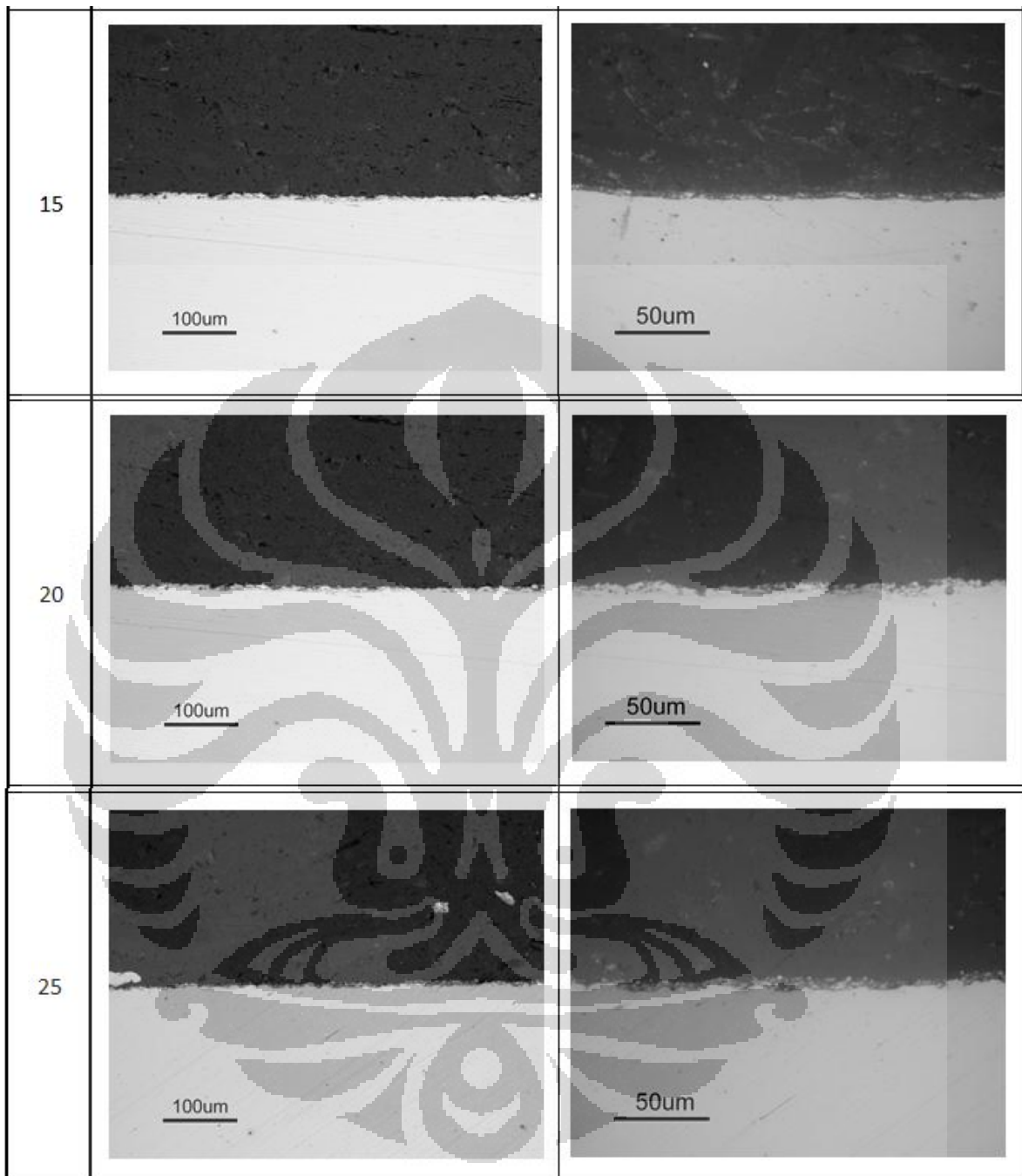
Lampiran 2. Hasil pengujian Salt Spray Test pada sampel uji 0 (tidak dipanaskan), pemanasan 5 sampai 30 detik, sampai 216 jam pengujian

240 hrs		/	/	/	/	/	/
288 hrs		/	/	/	/	/	/

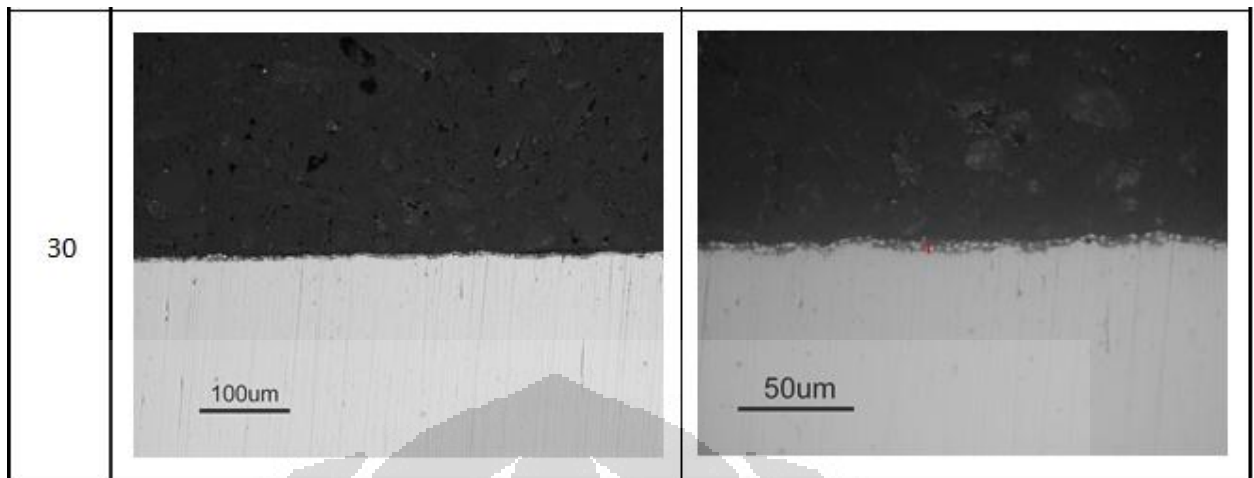
Lampiran 3. Hasil pengujian Salt Spray Test pada sampel uji 0 (tidak dipanaskan), sampai 288 jam pengujian



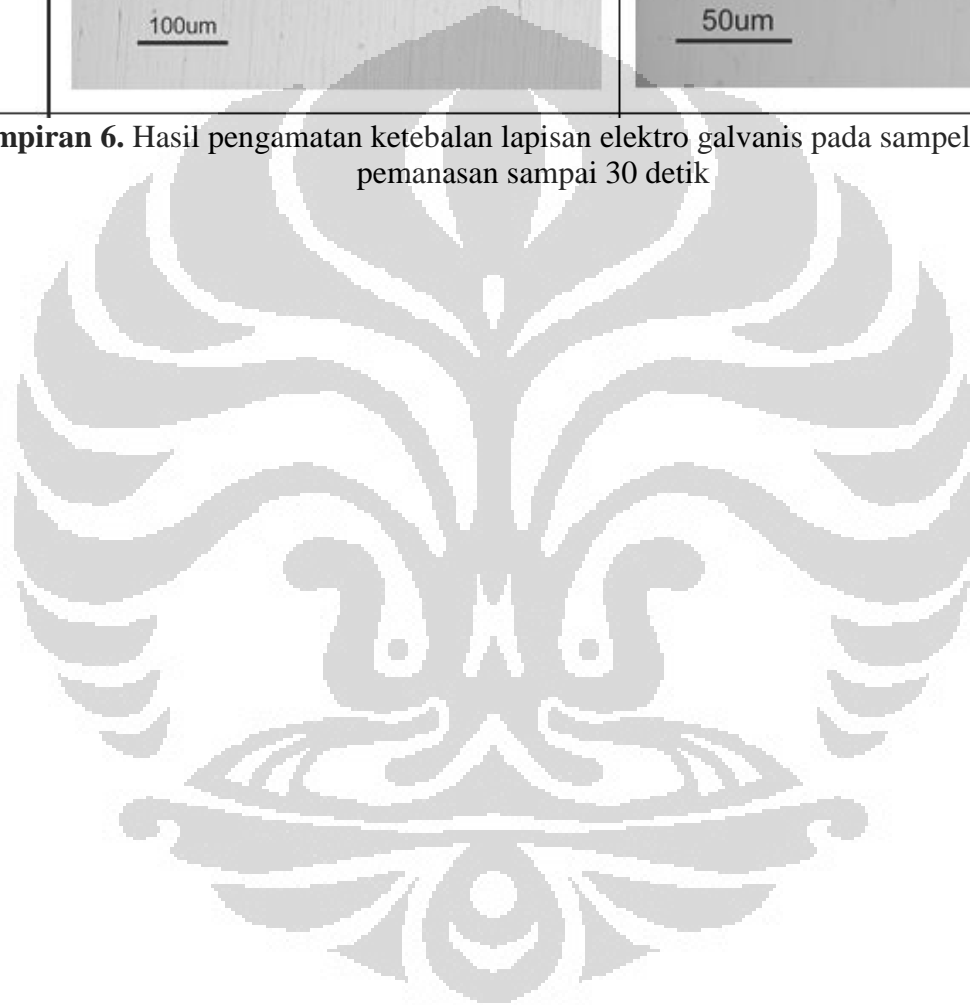
Lampiran 4. Hasil pengamatan ketebalan lapisan elektro galvanis pada sampel uji 0 (tidak dipanaskan), pemanasan 5 sampai 10 detik

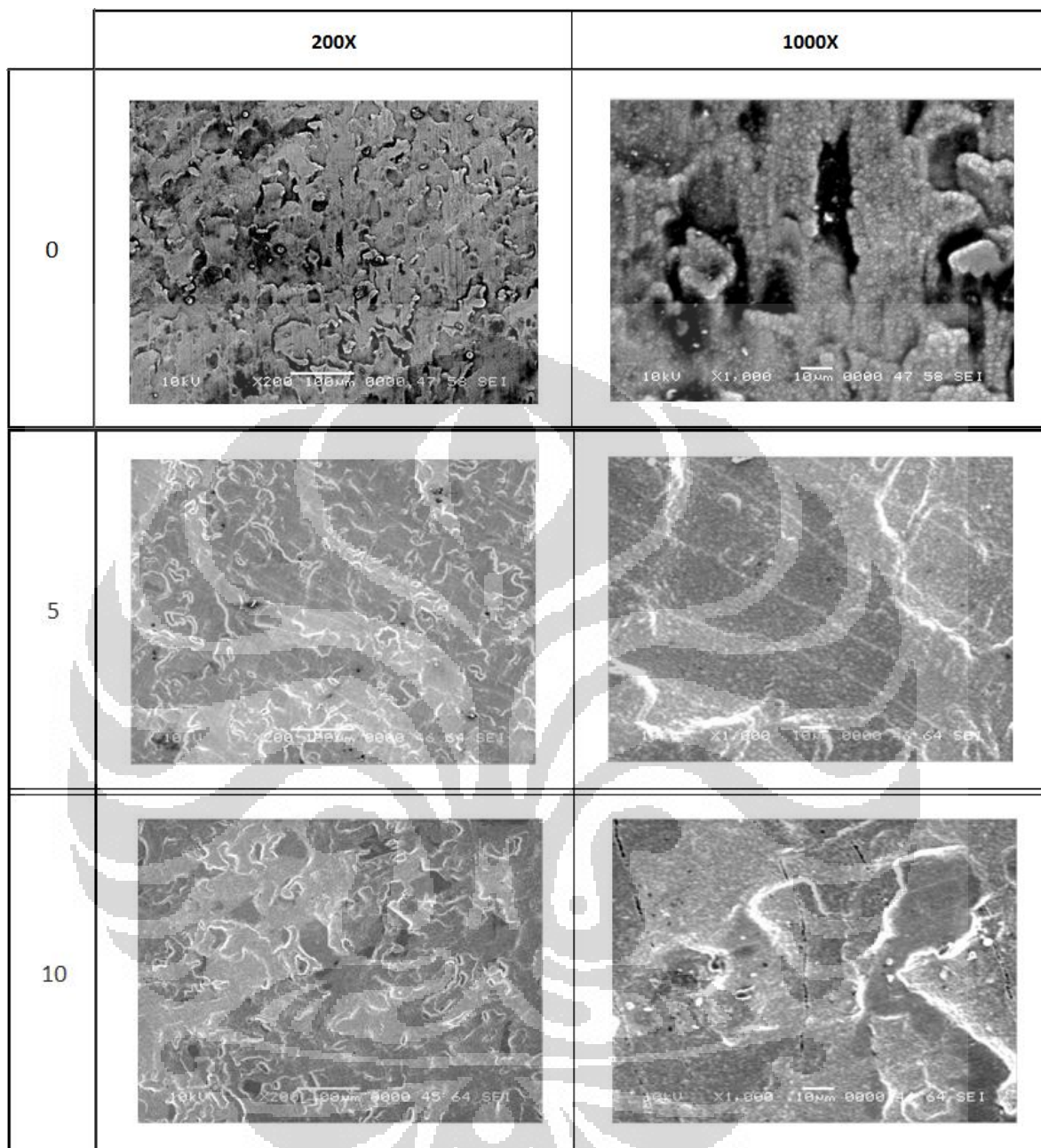


Lampiran 5. Hasil pengamatan ketebalan lapisan elektro galvanis pada sampel uji dengan pemanasan 15 sampai 25 detik

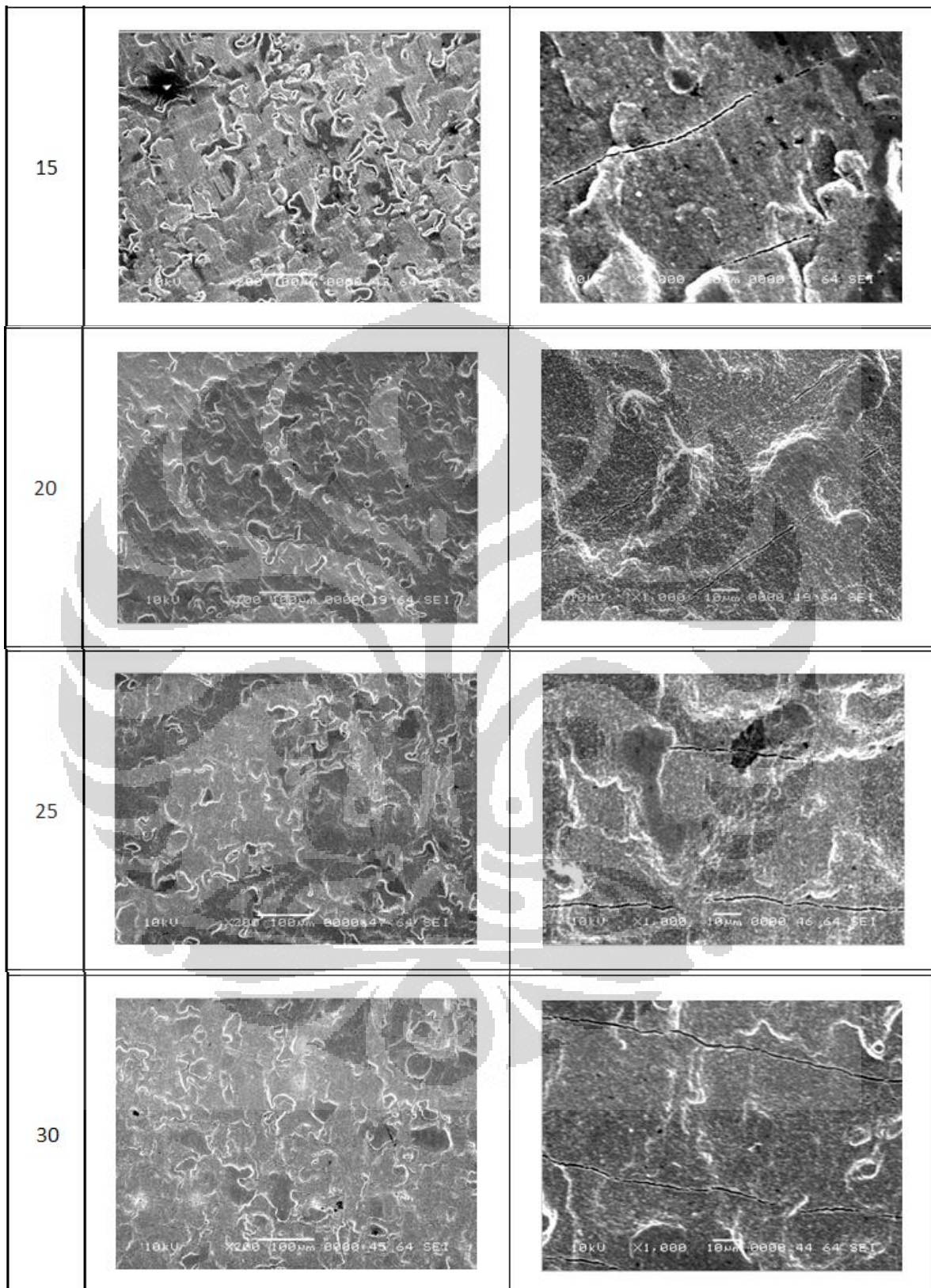


Lampiran 6. Hasil pengamatan ketebalan lapisan elektro galvanis pada sampel uji dengan pemanasan sampai 30 detik

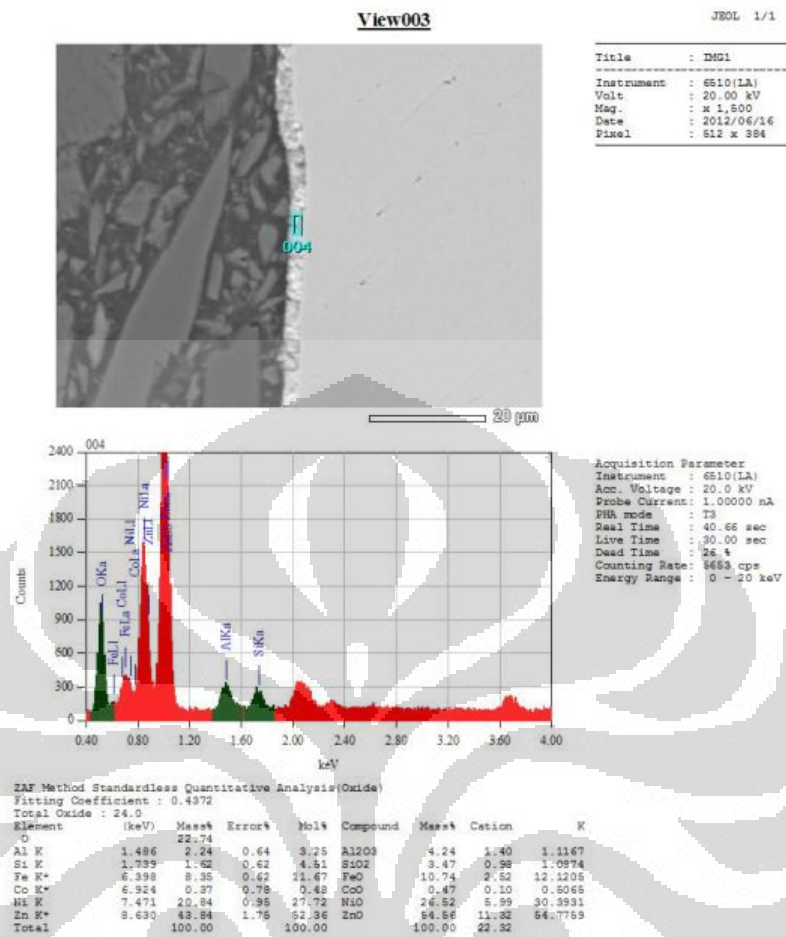




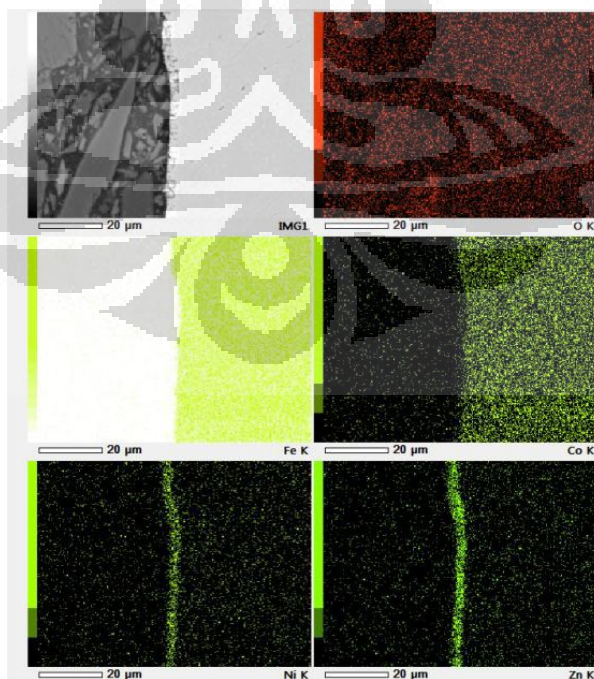
Lampiran 7. Hasil pengamatan permukaan lapisan elektro galvanis pada sampel uji 0 (tanpa pemanasan), pemanasan 5 dan 10 detik



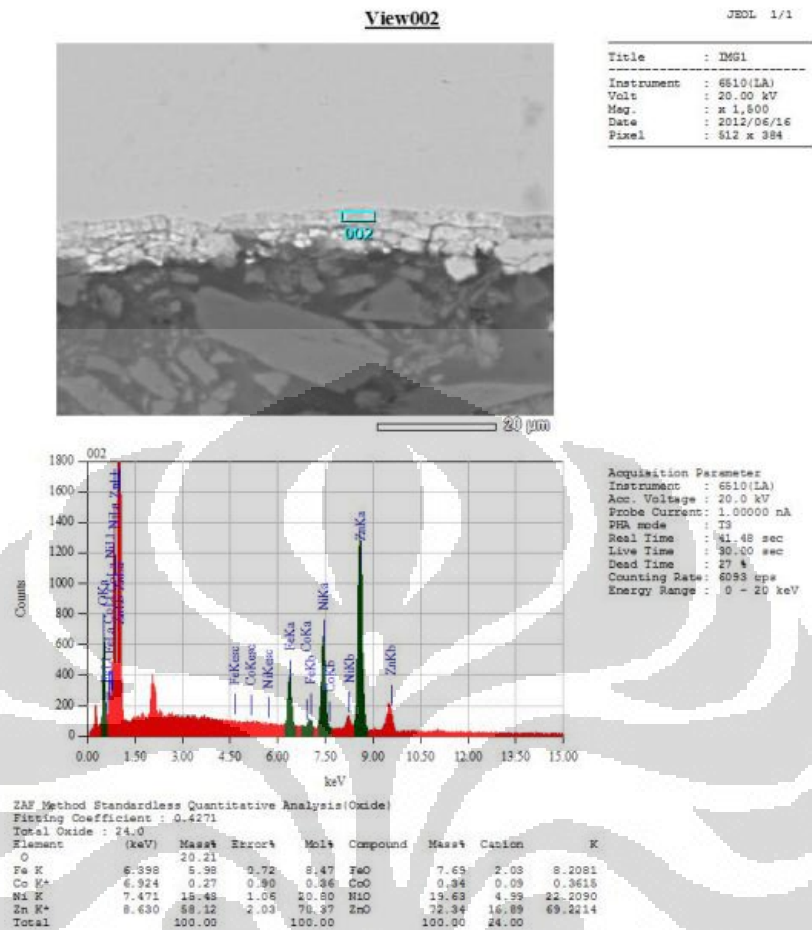
Lampiran 8. Hasil pengamatan permukaan lapisan elektro galvanis pada sampel uji dengan pemanasan 15, 20, 25 dan 30 detik



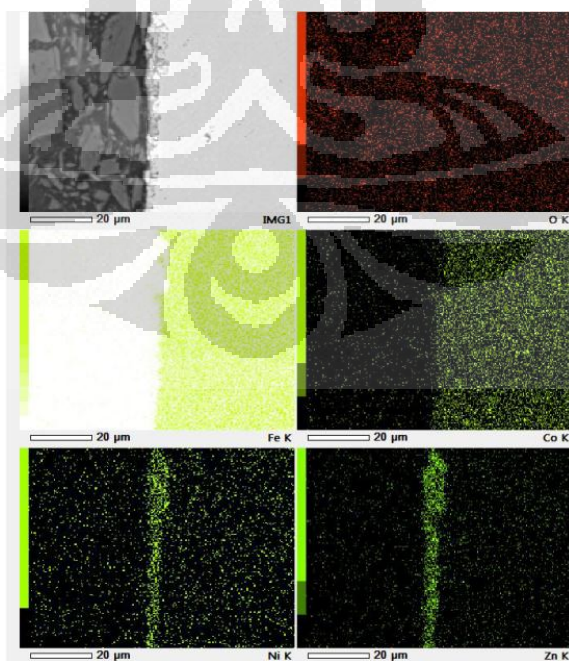
Lampiran 9 (a). Hasil EDS pada sampel 0 (tanpa pemanasan) - kualitatif dan kuantitatif



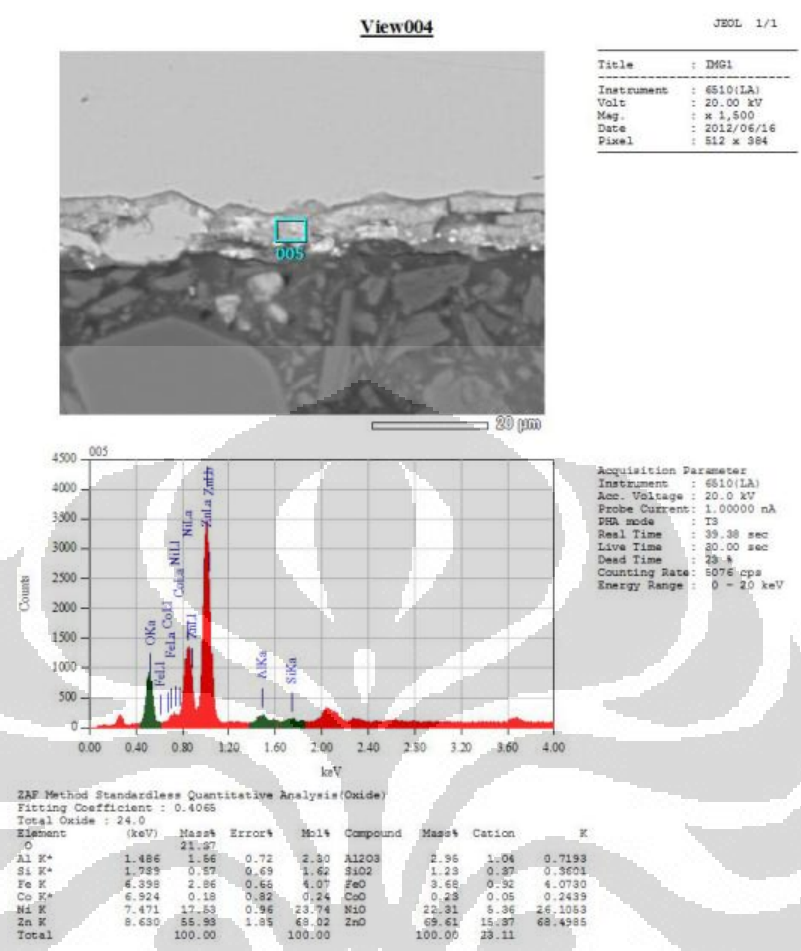
Lampiran 9 (b). Hasil EDS pada sampel 0 (tanpa pemanasan) - Mapping



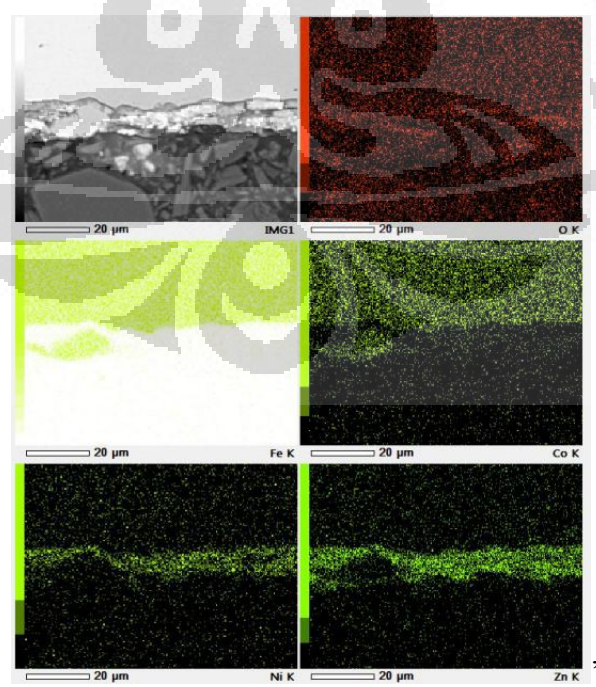
Lampiran 10 (a). Hasil EDS pada sampel pemanasan 5 detik - kualitatif dan kuantitatif



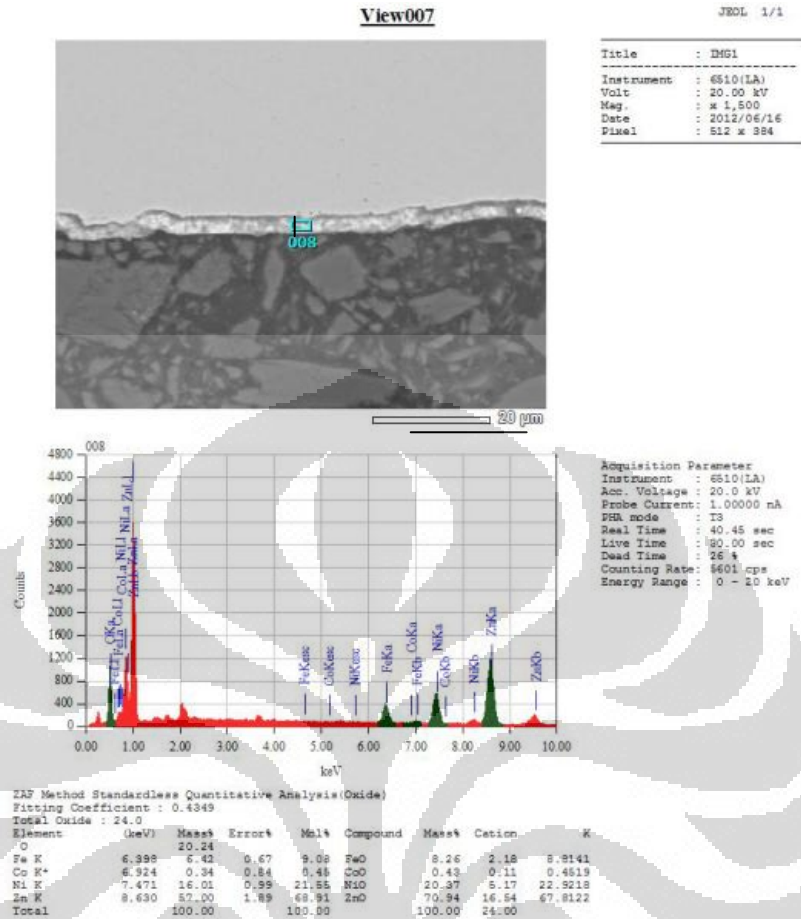
Lampiran 10 (b). Hasil EDS pada sampel pemanasan 5 detik - Mapping



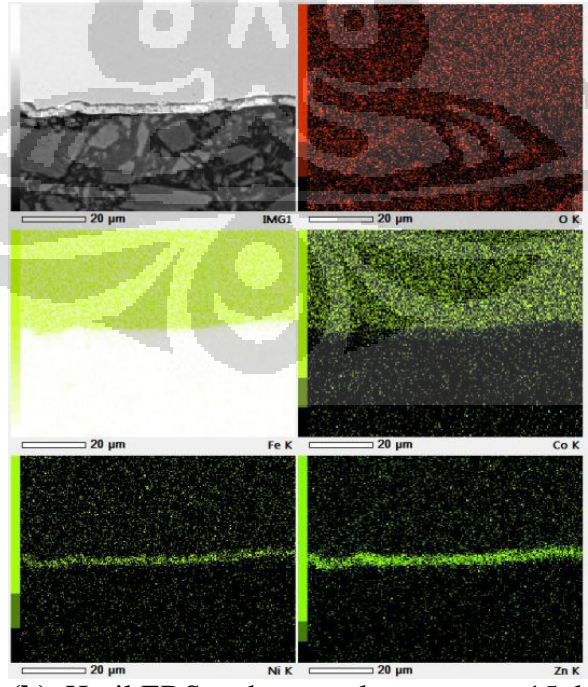
Lampiran 11 (a). Hasil EDS pada sampel pemanasan 10 detik - kualitatif dan kuantitatif



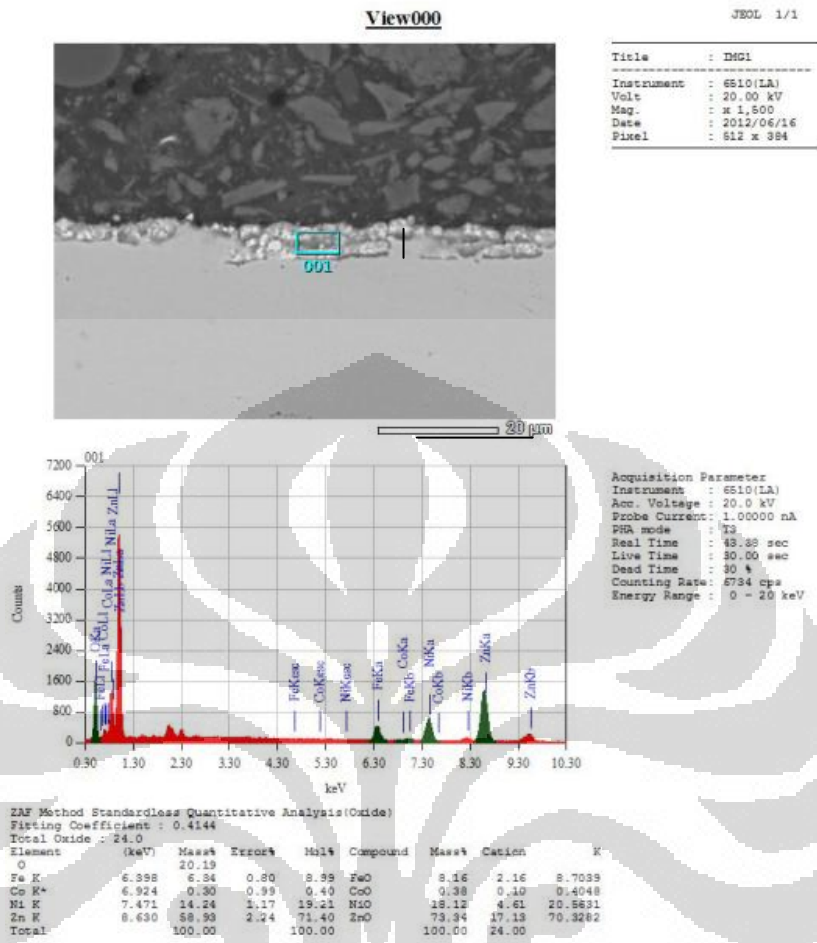
Lampiran 11 (b). Hasil EDS pada sampel pemanasan 10 detik - Mapping



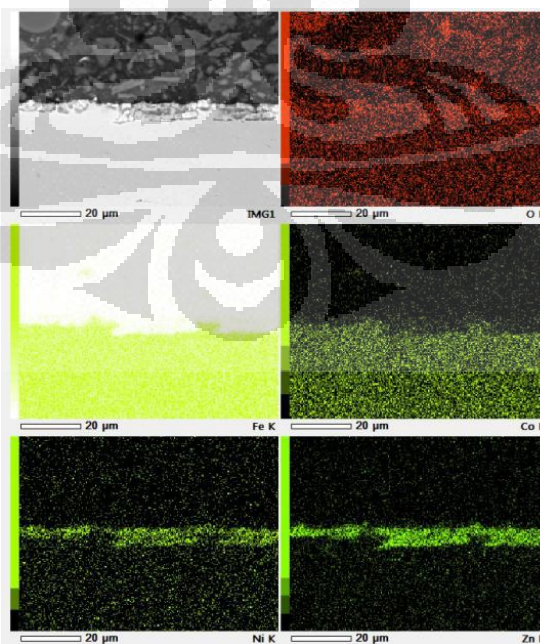
Lampiran 12 (a). Hasil EDS pada sampel pemanasan 15 detik - kualitatif dan kuantitatif



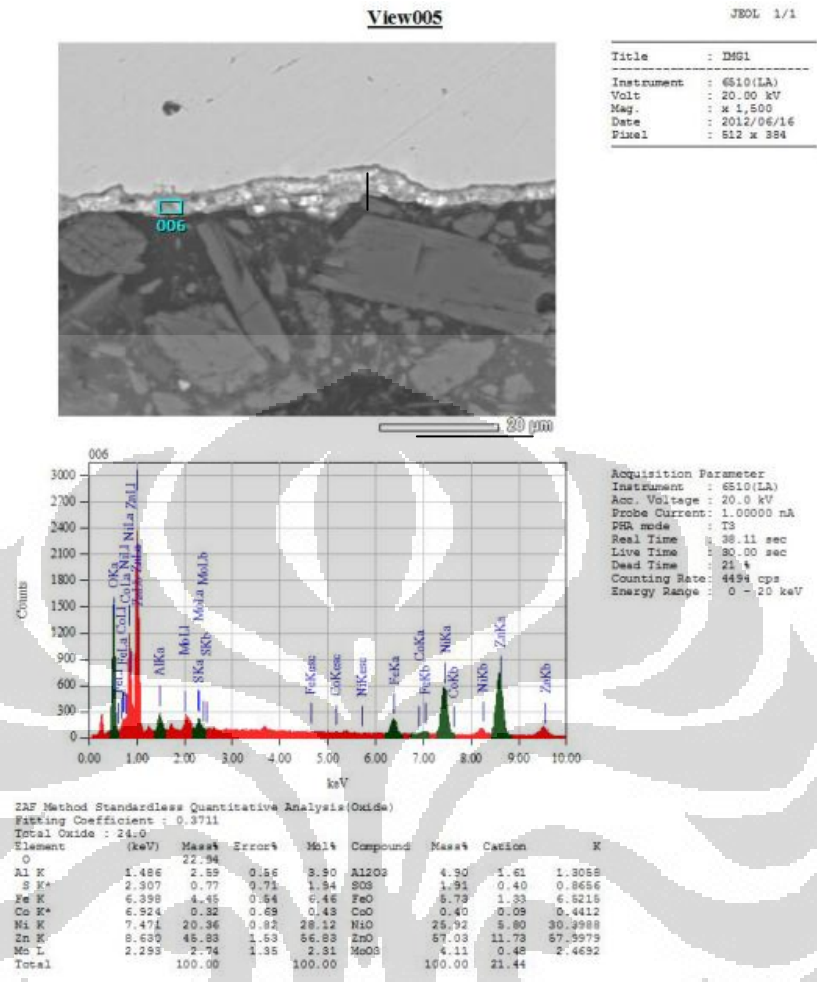
Lampiran 12 (b). Hasil EDS pada sampel pemanasan 15 detik - Mapping



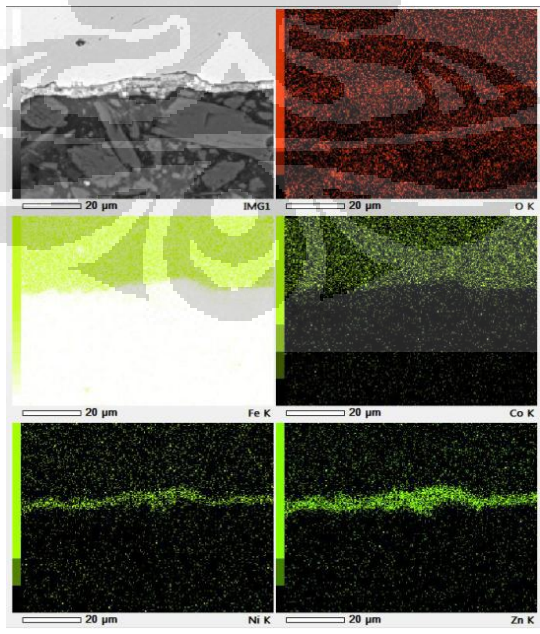
Lampiran 13 (a). Hasil EDS pada sampel pemanasan 20 detik - kualitatif dan kuantitatif



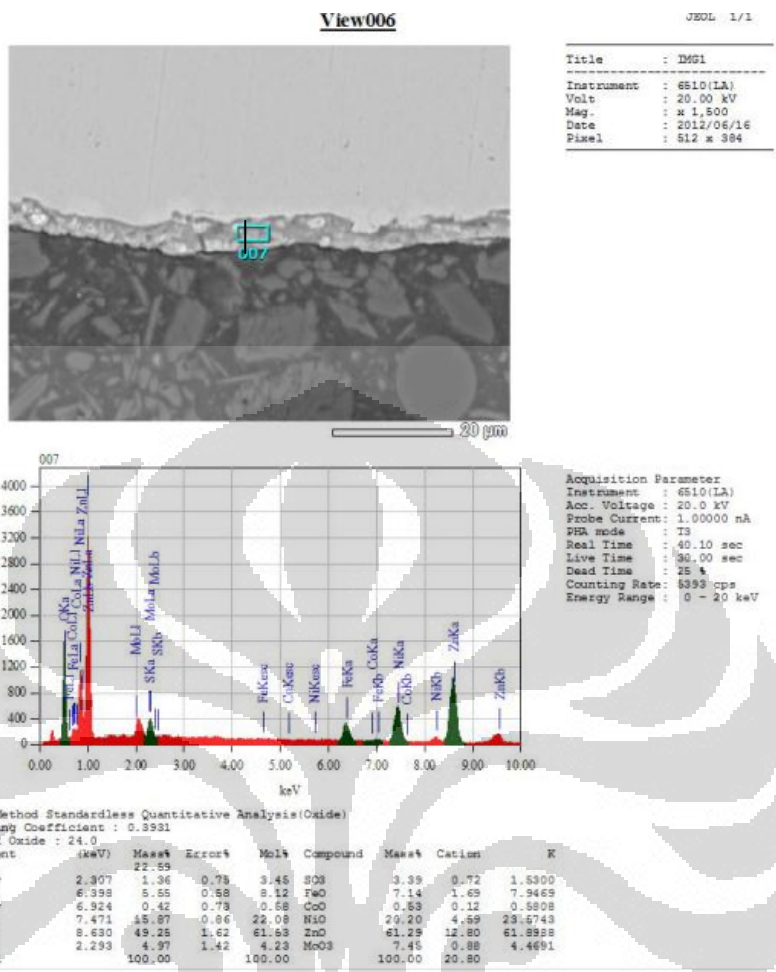
Lampiran 13 (b). Hasil EDS pada sampel pemanasan 20 detik - Mapping



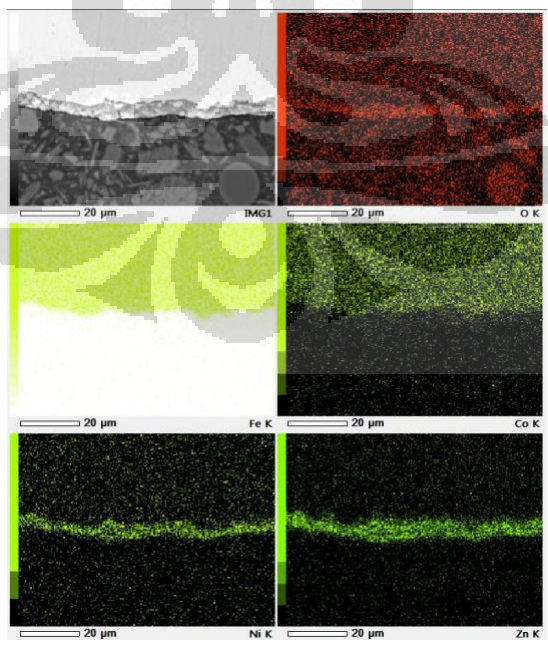
Lampiran 14 (a). Hasil EDS pada sampel pemanasan 25 detik - kualitatif dan kuantitatif



Lampiran 14 (b). Hasil EDS pada sampel pemanasan 25 detik - Mapping



Lampiran 15 (a). Hasil EDS pada sampel pemanasan 30 detik - kualitatif dan kuantitatif



Lampiran 15 (b). Hasil EDS pada sampel pemanasan 30 detik - Mapping

JIS G3141

Tensile strength, elongation and non-aging property

Symbol of quality	Tensile strength		Elongation %					Tensile test piece
	N/mm ²		Discrimination according to nominal thickness mm					
	0.25 or over	0.25 or over to and excl. 0.40	0.40 or over to and excl. 0.60	0.60 or over to and excl. 1.0	1.0 or over to and excl. 1.6	1.6 or over to and excl. 2.5	2.5 or over	
SPCC	(270 min)	(32 min)	(34 min)	(36 min)	(37 min)	(38 min)	(39 min)	No. 5 in rolling direction
SPCD	270 min	34 min	36 min	38 min	39 min	40 min	41 min	
SPCE	270 min	36 min	38 min	40 min	41 min	42 min	43 min	

JIS G3141

Hardness

Temper grade	Symbol of temper grade	Hardness	
		HRB	HV
1/8 hard	8	50 to 71	95 to 130
1/4 hard	4	65 to 80	115 to 150
1/2 hard	2	74 to 89	135 to 185
Full hard	1	85 min	170 min

JIS G3141

Chemical composition, %

Symbol of grade	C	Mn	P	S
SPCC	0.12 max	0.50 max	0.040 max	0.045 max
SPCD	0.10 max	0.45 max	0.035 max	0.035 max
SPCE	0.08 max	0.40 max	0.030 max	0.030 max

Lampiran 16. Data mekanikal propertis dari material baja hasil canai dingin – JIS G 3141

Specification	Maximum impurity content (mass %)											
	Al	Sb	As	Bi	Cd	Cu	Au	Ag	Ni	Fe	Zn	Others
MIL Spec PIC 815 A	0.006	0.2 to 0.5	0.03	0.25	0.005	0.30	0.20	0.10	0.10	0.20	0.005	–
Woodgate (1988) proposed	0.005	0.5	–	0.25	0.005	0.20	0.10	0.10	0.10	0.20	0.003	0.05

Lampiran 17. Level pengotor yang diijinkan pada bahan *soldering* menggunakan mesin

Type	AWS designation	Typical composition (%)												Use	
		Ag	Al	Au	B	Cd	Co	Cu	Fe	Ni	P	Si	Sn		Zn
Aluminium-silicon	BAI Si-2		Rem					0.25				7.5			Cladding for 3003 or 6951 sheet. Dip brazing. General-purpose filler. All processes.
	BAI Si-4		Rem					0.30				12			
Copper	BCu-1							99.9 min			0.075				Furnace brazing of steel and ferrous alloys.
Brass (spelter)	RBCuZn-A							60						40	General-purpose brazing. Brazing tungsten carbide and ferrous alloys.
Nickel silver	RBCuZn-D							48		10				42	
Copper-phosphorus	BCuP-2							Rem		7.25					High fluidity suitable for small clearances of 0.03–0.08 mm.
	BCuP-4	6						Rem		7.25					
Silver solder	BAG-1	45			24			15						16	High fluidity. Ferrous and non-ferrous except Al, Mg. Stainless steel and tungsten carbide tips.
	BAG-3	50			16			15.5		3				15.5	
	BAG-7	56						22					5	17	
Gold-base	BAu-1		37.5					Rem							Cadmium-free for low toxicity: food processing. Vacuum tube assemblies.
	BAu-6		70							22				Pd 8	
Nickel-base	BNI-1			3			14		4.5	Rem		4.5			High-temperature, cryogenic and corrosion-resistant work. As above. Most commonly used.
	BNI-2			3			7		3	Rem		4.5			
	BNI-8							4.5				7		Mn 23	
															Honeycomb structures. Vacuum braze with low O ₂ .

Lampiran 18. Paduan material *brazing*