

POLITEKNIK NEGERI MANADO



JURNAL

TEKNIKA

**JURNAL
TEKNIKA**

Edisi 12

Nomor 1

Halaman
1-110

MANADO
Mei 2012

ISSN
1412-4882

EDISI 12, No. 1 Mei 2012

Jurnal

TEKNIKA

adalah wadah informasi berupa hasil-hasil penelitian dan karya tulis konseptual Teknik Rekayasa. Jurnal Teknika terbit pertama kali Agustus 2001 dengan frekwensi terbit dua kali dalam setahun pada bulan Mei dan November.

Ketua Penyunting:

Tampanatu P. F. Sompie, ST., MEng. Mgmt.

Wakil Ketua Penyunting:

Novatus Senduk, ST.

Penyunting Pelaksana:

Francie Petrus, ST., MT.

Syanne Pangemanan, ST., M.Eng.

Ir. Paul M. Rumagit, MT.

Julianus G. Daud, ST., MT.

Penyunting Ahli:

Prof. Dr. Ruddy Tenda (Unsrat)

Prof. Ir. Bonny F. Sompie, MS. (Unsrat)

Ir. Robert J. M. Mandagi, M.Sc. (Unsrat)

Lay Out :

Mycele M. Wala, ST.

Pelaksana Tata Usaha:

Jaine Y. Lopian, SE.

Alamat Penyunting dan Tata Usaha: UPT. Buku Ajar dan PMP Politeknik Negeri Manado Kampus Politeknik Desa Buha Manado 95252

Dicetak di Percetakan-Penerbit Politeknik Negeri Manado. Isi diluar tanggung jawab Percetakan

JURNAL

TEKNIKA

ANALISA HASIL UKURAN BUTIR DARI ANALISA AYAKAN TERHADAP
HASIL NILAI ATTERBERG (1 - 9)

Sudarno (*Politeknik Negeri Manado*)

SISTEM INFORMASI HARGA PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK (10-20)

Donald Noya (*Politeknik Negeri Manado*)

STUDI PEMANFAATAN TURBIN VENTILATOR UNTUK LAMPU
PENERANGAN RUMAH (21-29)

Moody Noldy Tumembow (*Politeknik Negeri Manado*)

KAJIAN EKSPERIMENTAL SIFAT FISIS SEMEN YANG BEREDAR DI
PASARAN WILAYAH KOTA MANADO (30-44)

Fery Sondakh (*Politeknik Negeri Manado*)

STABILITAS PADA GENERATOR DENGAN METODE NUMERIK (45-57)

Veny Vita Panggawa (*Politeknik Negeri Manado*)

PROSES PEMBUATAN JARUM SUNTIK DENGAN METODA RO-
TARY SWAGING (58-62)

Tammy T.V Pangow (*Politeknik Negeri Manado*)

PENERAPAN INTERMITTENT FLOW SYSTEM DALAM RANGKA PENG-
HEMATAN PENGGUNAAN AIR IRIGASI (63-73)

Noldie Everhard Kondo (*Politeknik Negeri Manado*)

KORELASI ANTARA SUHU CAMPURAN AC-WC DENGAN NILAI STABILI-
TAS/MARSHALL STABILITY (Quarry Kakaskasen – Tomohon) (74-81)

Syanne Pangemanan (*Politeknik Negeri Manado*)

MEMBANGUN CMS DENGAN EDITOR TINYMCE (82-95)

Maksy Sendiang (*Politeknik Negeri Manado*)

PENGARUH VARIASI LARUTAN NaCl DAN WAKTU TERHADAP LAJU KOR-
OSI PADA MEDIUM CARBON STEEL SETELAH PROSES ELEKTROPLATING
UNSUR NIKEL (Ni) DENGAN PROSENTASI 0,19%, 0,39% dan 0,59% (96-110)

Nelson Seleman Luppaa & Jedithjah Naapia Tamedi Papia (*Politeknik Negeri Manado*)

PENGARUH VARIASI LARUTAN NaCl DAN WAKTU TERHADAP LAJU KOROSI PADA MEDIUM CARBON STEEL SETELAH PROSES ELEKTROPLATING UNSUR NIKEL (Ni) DENGAN PROSENTASI 0,19%, 0,39% dan 0,59%

Nelson Seleman Luppia

Jedithjah Naapia Tamedi Papia

(Staf Pengajar Teknik Mesin Politeknik Negeri Manado)

Abstrak; Penggunaan material Baja karbon sedang pada beberapa bagian konstruksi kapal laut dan bangunan air dalam lingkungan air laut tentunya akan mengakibatkan material Baja karbon sedang akan mengalami terjadinya korosi. Salah satu upaya untuk menghambat terjadinya reaksi Korosi pada material konstruksi tadi adalah dengan cara melapisi (coating). Pelapisan dengan hasil yang tidak merata akan menimbulkan terjadinya porositas pada lapisan, sehingga akan berakibat terjadinya proses korosi. Permasalahan dalam penelitian ini adalah adakah pengaruh variasi waktu proses pelapisan metode elektroplating nikel (Ni) terhadap tebal lapisan, struktur mikro dan korosi pada Baja karbon sedang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi waktu proses pelapisan metode *Elektroplating Nikel* terhadap kekerasan baja karbon sedang dengan tebal lapisan hasil electroplating nikel, struktur mikro dan korosi pada baja karbon sedang. Hasil penelitian mendapatkan lapisan elektroplating nikel pada permukaan baja karbon sedang akan meningkatkan kekerasan dan sebaliknya lapisan elektroplating nikel (Ni) yang dilapisi pada baja karbon sedang, akan menurunkan laju korosi dalam larutan 0,99% NaCl sebesar 12,61 mpy. Baja karbon sedang tanpa lapisan mempunyai kekerasan sebesar 205,4 VHN_{0,01} dan peningkatan kekerasan terjadi pada baja karbon sedang setelah lama waktu elektroplating 15 menit adalah 329,6 VHN_{0,01}. Baja karbon sedang tanpa lapisan elektroplating nikel (Ni) memiliki laju korosi sebesar 90.76 mpy dan laju korosi terkecil sebesar 37.78 mpy dicapai dengan waktu lama electroplating 15 menit. Lama waktu elektroplating optimum adalah 15 menit agar baja karbon sedang mempunyai kekerasan tertinggi dengan laju korosi terendah. Pada spesimen baja karbon sedang yang di elektroplating dengan nikel (Ni), semakin lama waktu pelapisannya semakin kecil pula laju arus korosinya. Berdasarkan teori proses pelapisan dengan metode elektroplating nikel (Ni) berfungsi melindungi logam dari korosi. Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah semakin lama waktu pelapisan nikel pada permukaan baja karbon sedang maka, semakin meningkat kekerasannya tetapi semakin kecil nilai arus laju korosinya.

Kata-kata Kunci; elektroplating nikel (Ni), variasi waktu, variasi kandungan larutan, nilai kekerasan, dan rapat arus korosi..

PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembang pesatnya kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi serta industri, penggunaan logam tidak dapat dipisahkan dari sisi kehidupan manusia. Dengan demikian kebutuhan penggunaan logam yang bersifat konsumtif sudah selayaknya harus disesuaikan kondisi yang dibutuhkan dengan memperhatikan beberapa

syarat properties logam tersebut. Misalnya penggunaan logam untuk konstruksi ; untuk penggunaan pada komponen Mesin, struktur bangunan gedung, atau bangunan air, dan lain – lain.

Bahan besi dan baja adalah jenis logam yang banyak digunakan pada Industri, bahan – bahan konstruksi dan Manufaktur. Pada pemakaian bahan bahan tersebut harus memenuhi beberapa persyaratan diantaranya : 1) Kekerasan; 2) Kekuatan; 3) Tahan terhadap korosi. Besi dan baja memiliki sifat karakteristik yang bervariasi sehingga mempunyai kekurangan atau kerugiannya. Salah satunya sifat besi adalah tidak tahan terhadap Korosi. Pengaruhnya dapat berupa udara, sinar matahari, embun, air tawar, air laut, air tanah, air kapur, dan tanah pasir berbatu – batu.

Pencegahan terjadinya korosi berarti memperkecil pula kemungkinan terjadinya suatu kerugian agar logam tidak mudah rusak yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan maupun korosi, maka perlu dicari cara untuk melindunginya. Salah satu cara yang digunakan untuk melakukan perlindungan terhadap korosi adalah memberikan lapisan pelindung dari logam. Salah satu metode Pencegahan Korosi dengan cara melapisi logam tersebut. Pelapisan logam dapat dilakukan beberapa cara, yaitu : 1) Electroplating ; 2) Electroforming; 3) Electroless Plating (Auto-Catalytic Deposition); 4) Hot Dipping ; 5) Conversion Coating.

Untuk melindungi logam dengan proses *electroplating* dibutuhkan listrik arus searah (DC), elektrolit yang disesuaikan dengan lapisan yang akan diinginkan, logam pelapis (anoda), dan benda kerja yang akan dilapis (katoda).

Pada industri ada beberapa macam logam pelapis yang sering digunakan dalam proses pelapisan secara *elektroplating*, yaitu ; Tembaga (Cu), Nikel (Ni), dan Krom (Cr).

Suriadi dan Suarsana (2009) melakukan penelitian untuk mengetahui tegangan, suhu, dan waktu pelapisan krom keras pada baja karbon terhadap kekerasan permukaan lapisan dan keausan spesifik lapisan. Spesimen dibagi dua jenis, jenis pertama dilapisi. Variabel bebas : Voltase (3, 4, 5, 6, 9 Volt) suhu (40, 45, 55, 60° C), dan waktu (30, 40, 50, 60 menit). Hasil uji kekerasan dan keausan spesifik menunjukkan bahwa kondisi optimum pada pelapisan 6 volt, suhu 55° C, dan waktu 50 menit.

Nurbasari (2009) melakukan penelitian pelapisan krom keras pada Baja karbon rendah ukuran $10 \times 20 \times 1$ mm. penelitian tersebut berorientasi pada pengaruh rapat

arus (variasi 50, 60, 70, dan 80 A/dm²) terhadap kualitas permukaan lapisan meliputi : berat lapisan, kekerasan, ketebalan dan efisiensi katodik. Dengan larutan yang digunakan CrO₃, H₂SO₄, Na₂ Si F₆ dan aqua DM, sedangkan anoda dipakai timah hitam (Pb). Hasil penelitian menunjukkan kekerasan maksimal sebesar 431 VHN didapat pada temperatur 55° C dengan rapat arus 60 A/dm². Efisiensi lapisan katodik tertinggi (20,99%) diperoleh pada temperatur 55° C dan rapat arus 80 A/dm². Dinyatakan pula bahwa, efisiensi arus katodik dan ketebalan lapisan krom naik seiring naiknya rapat arus.

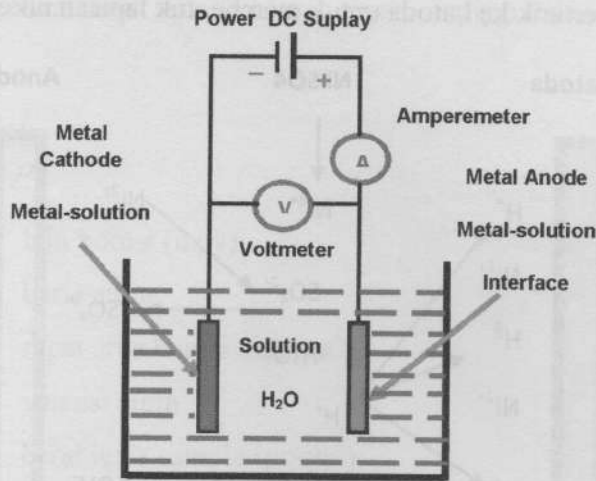
Krisnaputra (2007) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi temperatur pada proses pelapisan krom terhadap kekerasan dan laju korosi Baja karbon rendah ST 40 di lingkungan air laut. Variasi proses krom dilakukan pada suhu kamar 40° C, 50° C, 60° C dan 70° C dengan waktu proses masing-masing 5 detik dengan tegangan 5 volt. Hasil penelitian dari pengamatan struktur mikro ternyata tidak terjadi perubahan sifat mekanis khususnya kekerasan. Kekerasan material dasar 175,61 VHN, kekerasan lapisan nikel 427,33 VHN, kekerasan lapisan krom pada temperatur 50°C dan 60° C terjadi penurunan laju korosi dibanding tanpa pelapisan.

Jatmiko dan Budiarto (2009) menyatakan analisa pengujian korosi dengan metode polarisasi dan potensiodinamik bahan dilakukan pada baja SS 304L. Dengan menggunakan teknik polarisasi dengan metode sel tiga elektroda, media yang digunakan adalah air dimineralisasi pada temperatur kamar (25°) dengan menggunakan inhibitor Na₂CrO₄ dan NaNO₃ yang konsentrasinya divariasikan antara 0 -150 ppm untuk menghambat laju korosi. Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik dan SEM. Hasil uji korosi menunjukkan bahwa larutan inhibitor NaNO₃ diperoleh laju tertinggi korosi 0,05 mpy pada konsentrasi 15 ppm dan laju korosi terendah 0,0058 mpy pada konsentrasi 30 ppm, dan E_{kor} tertinggi 174,89 mV pada konsentrasi 75 ppm dan E_{kor} terendah 103,04 mV pada konsentrasi 0 ppm.

Secara garis besar baja dikelompokkan menjadi : a) Baja karbon. Baja karbon adalah paduan besi karbon dimana unsur karbonnya sangat menentukan sifatnya, sedang unsur paduan lainnya yang biasa terkandung didalam baja karena proses pembuatannya; b) Baja paduan. Baja paduan adalah baja yang mengandung unsur-unsur tertentu didalamnya agar didapatkan kualitas yang bagus dan unsur-unsur tersebut kadarnya lebih rendah. Biasanya ditambahkan unsur karbon sehingga dikenal

istilah baja karbon. Unsur yang terdapat pada baja rendah unsur paduannya dibawah 10 % dan baja paduan tinggi atau baja khusus unsur paduannya diatas 10 %. baja paduan rendah mengandung unsur-unsur paduan sebagai elemen tambahan pada besi dan karbon. Unsur-unsur paduan tersebut dapat berupa : 1) Mangan (Mn); 2) Nikel (Ni); 3) Kromium (Cr); 4) Molibden (Mo); 5) Silikon (Si) dan lain - lain.

a) Elektroplating Nikel

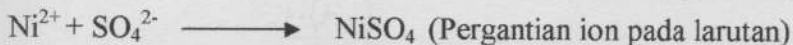
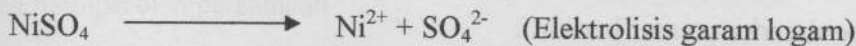
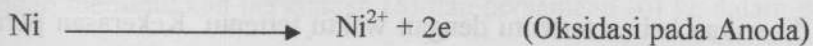


Gambar 1. Skema proses elektroplating

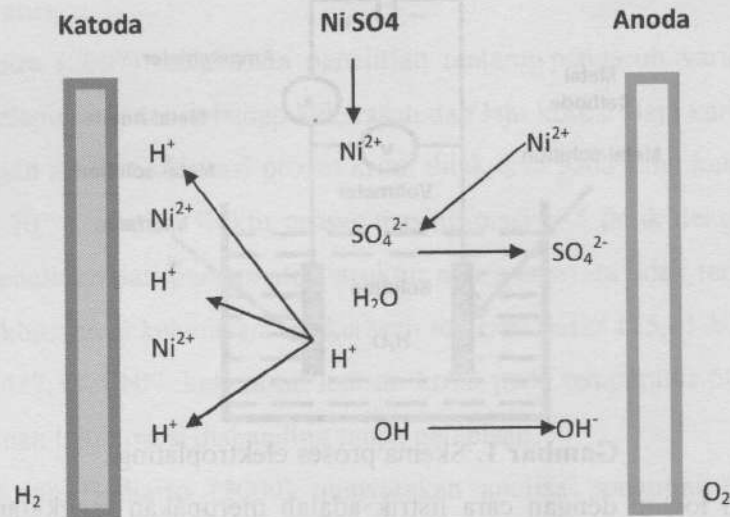
Pelapisan logam dengan cara listrik adalah merupakan rangkaian dari sumber listrik, anoda, larutan elektrolit dan katoda. Semua gugusan tersebut disusun sedemikian rupa sehingga membentuk suatu lapisan listrik dengan rangkaian sebagai berikut : 1) Anoda dihubungkan dengan kutub positif dari sumber arus listrik; 2) Katoda dihubungkan dengan kutub negatif dari sumber arus listrik; 3) Anoda dan katoda direndam dalam larutan elektrolit. Jika arus listrik dialirkan maka pada katoda akan terjadi endapan (pelapisan logam).

Sumber arus listrik yang digunakan pada proses pelapisan secara listrik adalah arus searah (DC) dengan tegangan rendah, tegangan yang diperlukan berkisar antara 6-14 volt. Untuk mendapatkan arus listrik tersebut digunakan rectifier (penyearah arus).

Reaksi yang terjadi selama pelapisan berlangsung :



Contoh pada baja yang akan dilapisi Nikel (Ni), sebagai anoda adalah nikel dan pelat baja adalah katoda, sedangkan sebagai larutan elektrolit yang dinamakan garam logam nikel sulfat (NiSO_4). Karena pada anoda dan katoda terjadi beda potensial setelah dialiri arus listrik, maka logam nikel akan teroksidasi menjadi ion logam bermuatan positif (Ni^{2+}), ion logam nikel (Ni^{2+}) dari anoda larut dalam larutan untuk menggantikan ion logam nikel (Ni^{2+}) dari garam logam NiSO_4 yang terelektrolisis menjadi Ni^{2+} dan SO_4^{2-} dan tertarik ke katoda untuk membentuk lapisan nikel.



Gambar 2. Skema proses reaksi elektroplating

Prinsip Elektroplating didasarkan pada hukum Faraday menyebutkan bahwa ; a) massa yang dilepaskan ke larutan elektrolit proporsional terhadap besar arus lewat larutan elektrolit; b) dan massa yang dilepaskan proporsional terhadap electrochemical equivalent (*ratio of atomic weight to valence*).

Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dalam penelitian ini menggunakan alat uji kekerasan mikro Vickers dengan indenter berbentuk kerucut. Permukaan specimen dibuat rata dan halus terlebih dahulu sebelum diuji. Pengujian ini dilakukan dengan menempatkan specimen test pada landasan indentasi dengan permukaan yang rata pada alat uji kekerasan mikro Vickers, kemudian diberikan beban tertentu dengan waktu tertentu. Kekerasan permukaan dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$\text{VHN} = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2} \dots \dots \dots (3)$$

- dengan ; VHN = Angka kekerasan Vickers (kg/mm²)
 F = Beban indentasi (kg)
 d² = diagonal rata – rata bekas pijakan indentor pada permukaan specimen (mm)

Laju Korosi

Pada penelitian ini menggunakan cara polarisasi pada tiga sel elektroda. Sebagai rumusan untuk menentukan laju korosi dengan menggunakan tiga sel elektroda (Fontana, 1987).

$$r = 0,129 \cdot \frac{a \cdot i}{n \cdot \rho} \dots \dots \dots (4)$$

- dimana ; r = laju korosi (mpy)
 a = berat atom
 i = rapat arus korosi (μA/cm²)
 n = valensi atom
 ρ = berat jenis sample (gr/cm³)

Perhitungan laju korosi pada bahan paduan perlu ditentukan lebih dahulu berat equivalentnya (equivalent weight = E_w) dengan persamaan berikut (Jonnes, 1991) :

$$E_w = N_{EQ}^{-1} \dots \dots \dots (5)$$

$$N_{EQ} = \sum \left[\frac{\omega_i}{a_i/n_i} \right] = \sum \left[\frac{\omega_i \times n_i}{a_i} \right] \dots \dots \dots (6)$$

- dengan ; E_w = berat equivalen
 N_{EQ} = nilai equivalent total
 ω_i = fraksi berat
 a_i = nomor massa atom
 n_i = elektron valensi

dengan memasukkan persamaan (5) dan persamaan (6) ke dalam persamaan (4) maka akan memperoleh persamaan :

$$r = 0,129 \cdot \frac{i \cdot (E_w)}{\rho} \dots \dots \dots (7)$$

Bahan dan Cara Penelitian

Bahan

1) Specimen baja karbon sedang dalam bentuk potongan dengan $d = 12 \text{ mm}$, $t = 4 \text{ mm}$; 2) Specimen baja karbon sedang yang telah diberi lapisan Nikel (Ni) dengan proses electroplating; 3) Batangan Nikel dan larutan Nikel sulfat Ni SO_4 ; 4) Autosol, bahan etsa dan alcohol; 5) NaCl yang di variasikan (0,19%, 0,39%, dan 0,59%)

Alat

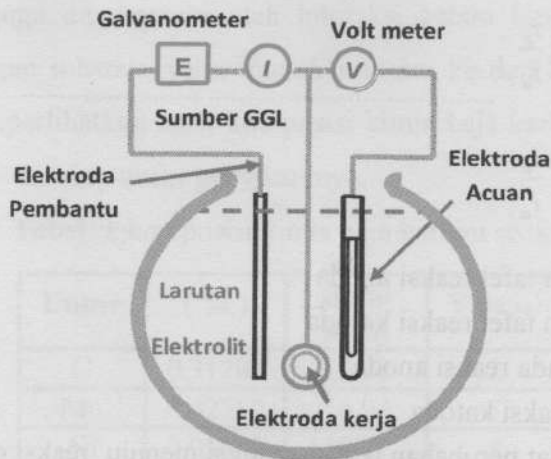
1) Peralatan electroplating; 2) Mesin poles untuk menghaluskan permukaan specimen; 3) Mesin uji kekerasan untuk mengetahui kekerasan permukaan benda uji; 4) Alat Potensiostat uji korosi sel tiga elektroda untuk mengetahui korosi benda uji; 5) Mikroskop optik dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*).

Cara Penelitian

Skema alat uji korosi sel tiga elektroda diplihatkan pada gambar 3. dengan mengukur besarnya arus yang mengalir pada rangkaian sel tiga elektroda, maka laju korosi dapat dihitung berdasarkan persamaan (7). Pengujian ini menggunakan tiga elektroda yaitu : 1) Elektroda Kerja. Elektroda kerja sebagai elektroda yang akan diteliti, digunakan istilah elektroda kerja sebagai pengganti anoda karena penelitiannya tidak terbatas pada perilaku yang bersangkutan dengan anoda tetapi juga penyelidikan tentang perilaku katoda; 2) Elektroda pembantu. Elektroda pembantu adalah elektroda kedua yang khusus untuk mengangkut arus dalam rangkaian yang terbentuk dalam penelitian. Elektroda ini tidak digunakan untuk mengukur potensial. Sebagai bahan elektroda pembantu biasanya digunakan Platina, Emas dan Titanium; 3) Elektroda acuan. Elektroda acuan adalah elektroda yang digunakan sebagai titik dasar sebagai acuan pengukuran – pengukuran elektroda kerja. Arus yang mengalir melalui elektroda ini kecil sekali sehingga dapat diabaikan. Elektroda acuan yang sering digunakan adalah elektroda kalomel jenuh.

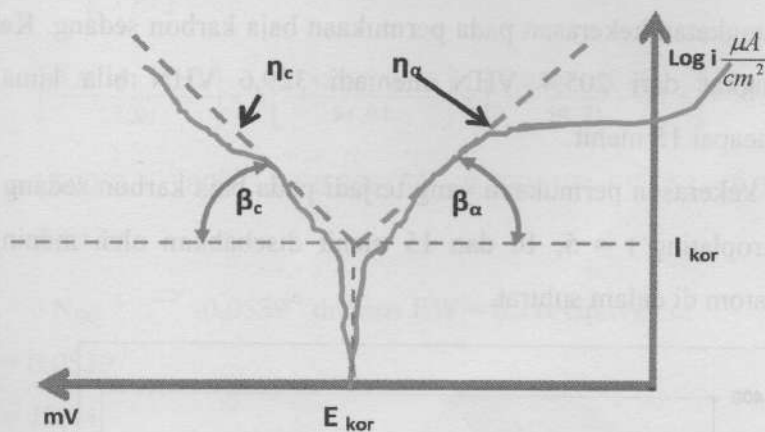
Ketiga elektroda tersebut dicelupkan kedalam larutan elektrolit dalam tabung elektrokimia dan terhubung dengan potensiostat/galvanostat. Proses korosi dimulai dengan pemberian potensial pada elektroda kerja dari -2000 mV hingga 2000 mV dan di scanning dengan kecepatan tertentu kemudian diplot pada diagram kurva potensial lawan logaritma arus seperti tertera pada Gambar 4.

Proses yang terjadi pada eketroda dapat dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 3. Skema alat uji korosi sel tiga elektroda (Tretthewey and Chamberlain, 1991)

a) Elektroda kerja diberi Potensial Negatif. Elektroda kerja mengalami reaksi reduksi yang ditunjukkan dengan gradien pada grafik kurva tafel sebelah kiri. Reaksi ini terjadi saat diberi potensial -2000 mV dan diperbesar sampai dengan arus reduksi mencapai nol pada potensial korosi (E_{kor}) tertentu. Proses reduksi berakhir ketika arus mencapai nilai nol.



Gambar 4. Kurva potensial dalam grafik Tafel (Fontana, 1987)

b) Elektroda kerja diberi Potensial Positif. Elektroda kerja mengalami reaksi oksidasi setelah reaksi reduksi berakhir, hal tersebut ditunjukkan dengan gradien positif pada kurva tafel sebelah kanan. Pada reaksi ini terjadi saat diberi potensial dan arus yang semakin besar. Potensial yang diberikan biasanya sampai dengan 2000mV.

Rapat arus korosi (I_{kor}) diperoleh dari hasil ekstrapolasi kurva potensial lawan logaritma intensitas arus yaitu dengan cara menentukan titik perpotongan garis tafel reaksi reduksi (η_c) dan garis tafel reaksi oksidasi (η_a) pada garis potensial korosi (E_{kor}). Nilai η_c dan η_a ditentukan dengan persamaan berikut (Jones 1991) ;

$$Ha = \beta_a \log \frac{i_c}{i_a} \dots\dots\dots (8) \text{ dan,}$$

$$\eta_c = \beta_c \log \frac{i_c}{i_a} \dots\dots\dots (9)$$

β_a = gradien tafel reaksi anoda

β_c = gradien tafel reaksi katoda

i_a = arus pada reaksi anoda

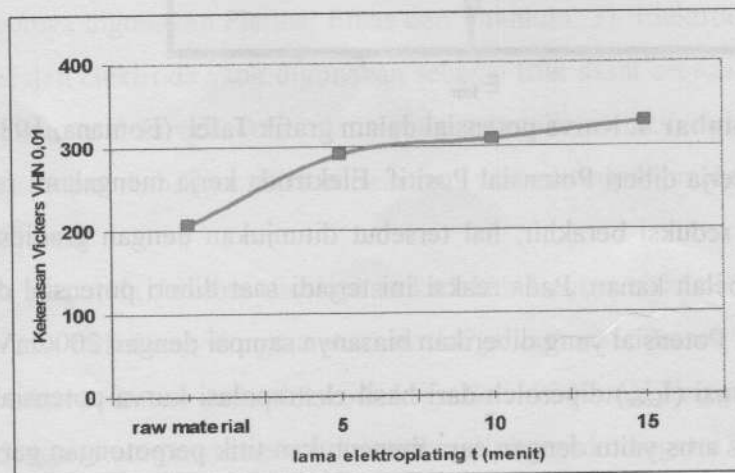
i_c = arus reaksi katoda

i_o = arus saat perubahan reaksi-reduksi menuju reaksi oksidasi

Hasil Dan Pembahasan

Gambar 5 menunjukkan hubungan kekerasan permukaan baja karbon sedang terhadap lama waktu elektroplating dalam keadaan *raw material* dan waktu elektroplating $t = 5, 10, \text{ dan } 15$ menit. Baja karbon sedang tanpa di elektroplating (*raw material*) memiliki kekerasan 205,4 VHN. Secara umum lapisan elektroplating nikel (Ni) memberi peningkatan kekerasan pada permukaan baja karbon sedang. Kekerasan permukaan meningkat dari 205,4 VHN menjadi 329,6 VHN bila lama waktu elektroplating mencapai 15 menit.

Peningkatan kekerasan permukaan yang terjadi pada baja karbon sedang dengan lama waktu elektroplating $t = 5, 10 \text{ dan } 15$ menit disebabkan oleh meningkatnya kerapatan atom – atom di dalam subtrat.



Gambar 5. Pengaruh lama elektroplating Ni terhadap kekerasan permukaan baja karbon sedang arus 3 A/dm², tegangan 12 volt dan temperatur 40°C

Kekerasan juga dipengaruhi oleh interaksi antara ion depan (ion yang di elektroplating) dengan substrat, yaitu interaksi antara Fe dan Ni yang memiliki sifat keras. Tabel 1 memperlihatkan hasil komposisi kimia baja karbon sedang berat atom dan valensi masing – masing unsur penyusunnya.

Tabel 1 komposisi kimia baja karbon sedang

Unsur	(%)	Berat atom	Valensi
C	0,31284	12,01	2
Mn	0,42552	54,94	3
Ni	0,03803	58,71	3
Fe	98,68914	55,85	3

Laju korosi baja karbon sedang tanpa elektroplating dengan arus korosi $146,47\mu\text{A}/\text{cm}^2$ (didapat dari percobaan) ditentukan dengan prosedur sebagai berikut ;

Nilai ekivalen total berdasarkan persamaan (7) adalah ;

$$N_{EQ} = \sum \left[\frac{w_i}{ai/ni} \right] \Rightarrow \sum \left[\frac{wi \cdot ni}{ai} \right]$$

$$= \left[\frac{0,31284 \% \cdot 2}{12,01} \right] + \left[\frac{0,42552 \% \cdot 3}{54,94} \right] + \left[\frac{0,03803 \% \cdot 3}{58,71} \right] + \left[\frac{98,68914 \% \cdot 3}{55,85} \right]$$

$$= 0,00052 + 0,000232 + 0,000154 + 0,0000194 + 0,053 = 0,053$$

$$N_{EQ} = 0,0539$$

$$EW = N_{EQ}^{-1} \Rightarrow 0,0539^{-1} \text{ dimana } EW = \text{berat eqivalent}$$

$$= 0,0539^{-1}$$

$$= 18,54$$

Dengan rapat jenis baja $\rho = 7,85 \text{ gr}/\text{cm}^3$. maka laju korosi berdasarkan persamaan (7) dapat ditentukan ;

$$r = 0,129 \cdot \frac{i \cdot (E_w)}{\rho} = 0,129 \times \frac{146,47 \times 18,541}{7,85} = 44,62 \text{ mpy}$$

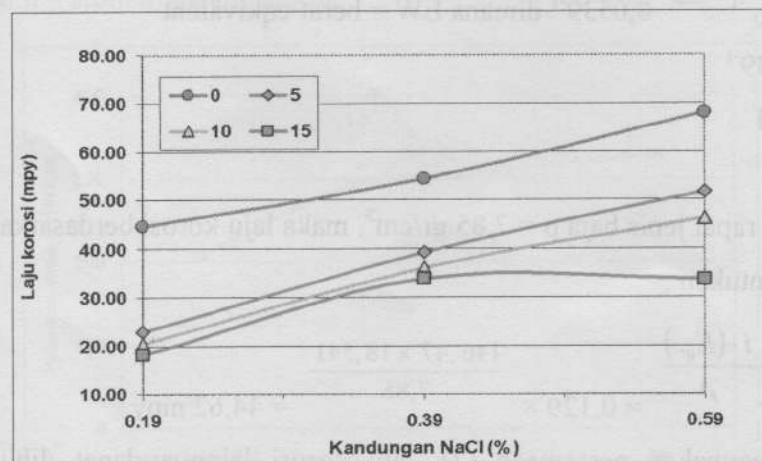
dengan menggunakan persamaan (7), laju korosi lainnya dapat dihitung dengan prosedur diatas setelah mengukur arus korosi. Hasil laju korosi bila ditabulasikan didapatkan harga laju korosi (mpy) seperti ditunjukkan pada Tabel. 2.

Tabel 2 I_{kor} hasil pengukuran dan Konversi laju Korosi (mpy)

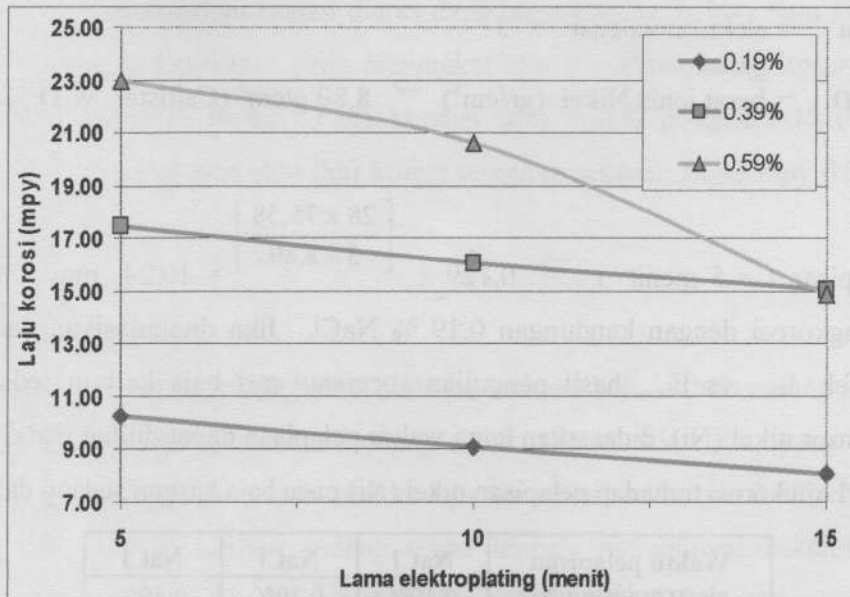
Specimen Test	NaCl	NaCl	NaCl	NaCl	NaCl	NaCl
	0.19%	0.19%	0.39%	0.39%	0.59%	0.59%
	I kor		I kor		I kor	
	$\mu\text{A}/\text{cm}^2$	mpy	$\mu\text{A}/\text{cm}^2$	mpy	$\mu\text{A}/\text{cm}^2$	mpy
Raw material	146.47	44.57	178.39	54.29	223.13	67.90
t = 5 menit	75.58	23.00	128.92	39.23	169.65	51.63
t = 10 menit	67.12	29.93	118.69	36.12	152.07	46.28
t = 15 menit	59.67	26.60	111.14	33.82	109.91	33.45

Kurva hubungan laju korosi permukaan baja karbon sedang kondisi raw material dan yang telah diberi lapisan nikel (Ni) melalui proses elektroplating dengan variasi waktu $t = 5, 10,$ dan 15 menit diperlihatkan pada Gambar 6.

Gambar 6 memberikan informasi bahwa lapisan nikel (Ni) pada permukaan baja karbon sedang menurunkan laju korosi secara relatif bervariasi dalam, kandungan larutan NaCl yang divariasi $0,19\%, 0,39\%,$ dan $0,59\%$. Laju korosi pada raw material baja karbon sedang tanpa di elektroplating nikel (Ni) adalah $67,90$ mpy, laju korosi menurun bila lama elektroplating pada waktu pelapisan elektroplating pada $t = 5$ menit, dan selanjutnya laju korosi akan turun bila lama waktu pelapisan elektroplating pada $t = 10$ menit, $46,28$ mpy dalam prosentase NaCl $0,59\%$ dan bertambah turun pada waktu pelapisan $t = 15$ menit, $33,45$ mpy dalam prosentase NaCl $0,59\%$. Penurunan laju korosi ini adalah akibat terbentuknya lapisan nikel (Ni) pada permukaan baja karbon sedang membentuk lapisan Fe dan N atau FeN yang tahan terhadap korosi.



Gambar 6 Pengaruh kandungan NaCl dan lama elektroplating Ni terhadap laju korosi baja sedang untuk kuat arus elektroplating $3\text{A}/\text{dm}^2$, tegangan 12 volt dan temperatur 40°C



Gambar 7 Pengaruh kandungan NaCl dan lama elektroplating Ni terhadap laju korosi baja karbon sedang untuk kuat arus elektroplating 3A/dm², tegangan 12 volt dan temperatur 40°C

Kurva yang diperlihatkan pada Gambar 7 adalah, pengaruh variasi kandungan NaCl dan lama waktu elektroplating terhadap laju korosi untuk kuat arus elektroplating 3A/dm², tegangan 12 volt dan temperatur 40 °C menunjukkan bahwa, specimen baja karbon sedang dengan lama waktu pelapisan t = 15 menit **mencapai 26,6 mpy pada kondisi kandungan NaCl 0,19%**, waktu pelapisan t = 10 menit mencapai 29,93 mpy , waktu pelapisan t = 5 menit mencapai 0,63 mpy pada kandungan NaCl 0,99%, dan kondisi raw material menunjukkan angka 0,91 mpy pada kondisi Kandungan NaCl 0,99%.

Untuk menentukan laju korosi pada specimen test baja karbon yang terlapisi Ni menggunakan persamaan (4) yaitu ;

$$r = 0,129 \cdot \left[\frac{a \times I_{kor}}{n \times D} \right] \dots\dots\dots(\text{mpy})$$

dimana ; r = laju korosi

a = nomor massa atom Nikel (Ni) = 28

i_{kor} = rapat arus korosi (µA/cm²) ⇒ dari kurva Tafel I_{kor} vs E_{kor} hasil pengujian specimen test baja karbon sedang yang terlapisi unsur nikel (Ni)

n = elektron valensi $\Rightarrow 3$

D = berat jenis Nikel (gr/cm^3) $\Rightarrow 8,89 \text{ g}/\text{cm}^3$ (Callister. W.D., 2007)

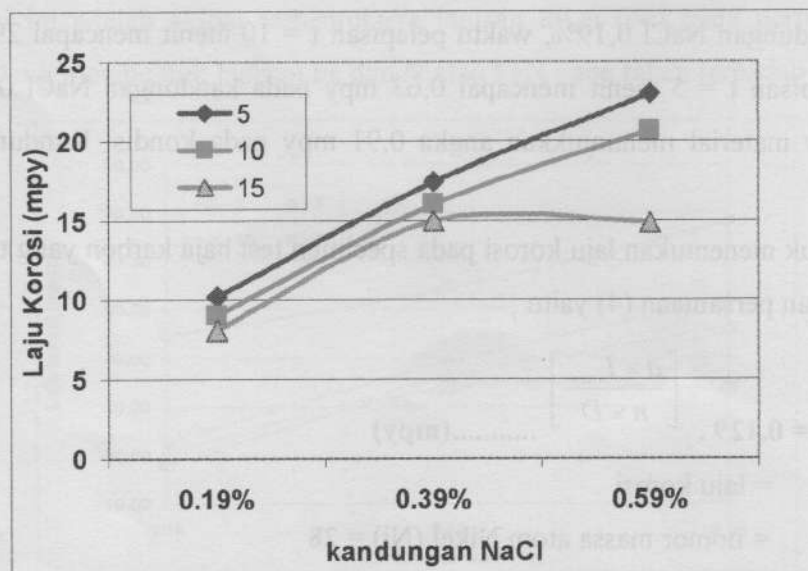
Sehingga ;

pelapisan $t = 5$ menit $r \Rightarrow 0,129 \times \left[\frac{28 \times 75,58}{3 \times 8,89} \right] = 10,24 \text{ mpy} \Rightarrow$ dalam media pengkorosi dengan kandungan $0,19\%$ NaCl. Jika ditabulasikan data – data kurva Tafel $I_{\text{kor}} \text{ vs } E_{\text{kor}}$ hasil pengujian *specimen test* baja karbon sedang yang terlapisi unsur nikel (Ni), didasarkan lama waktu pelapisan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Laju korosi terhadap pelapisan nikel (Ni) pada baja karbon sedang dalam mpy

Waktu pelapisan electroplating Ni	NaCl	NaCl	NaCl
	0.19%	0.39%	0.59%
5 menit	10.24	17.46	22.98
10 menit	9.09	16.07	20.60
15 menit	8.08	15.05	14.89

Tabel 3 menunjukkan, laju korosi dalam mpy *specimen test* baja karbon sedang dalam kondisi terlapisi unsur Ni murni dengan variasi lama waktu 5, 10 dan 15 menit. Dari Tabel 3 tersebut didapatkan kurva hubungan laju korosi terhadap variasi larutan NaCl, seperti diperlihatkan hubungan laju korosi terhadap waktu pelapisan pada Gambar 8.



Gambar 8 kurva hubungan pengaruh kandungan NaCl dan lama waktu elektroplating unsur nikel (Ni) yang dilapisi pada baja karbon sedang dengan kuat arus $3\text{A}/\text{dm}^2$, tegangan 12 volt dan temperature 40°C terhadap laju korosi (mpy)

Berdasarkan uraian diatas dapatlah diketahui bahwa baja karbon sedang akan mempunyai kekerasan yang meningkat bila di elektroplating unsur nikel (Ni) dengan lama waktu 15 menit. Pada kondisi lama waktu pelapisan 15 menit tersebut baja karbon sedang memiliki laju korosi terendah sebesar 33,45 mpy dalam larutan 0,59% NaCl.

Kesimpulan

a) lapisan elektroplating nikel pada permukaan baja karbon sedang akan meningkatkan kekerasan dan sebaliknya lapisan elektroplating nikel (Ni) yang dilapisi pada baja karbon sedang, akan menurunkan laju korosi dalam larutan 0,59% NaCl sebesar 33,45 mpy; b) Baja karbon sedang tanpa lapisan mempunyai kekerasan sebesar 205,4 VHN_{0,01} dan peningkatan kekerasan terjadi pada baja karbon sedang setelah lama waktu elektroplating 15 menit adalah 329,6 VHN_{0,01}; c) Baja karbon sedang tanpa lapisan elektroplating nikel (Ni) memiliki laju korosi sebesar 67,90 mpy dan laju korosi terkecil sebesar 33,45 mpy dicapai dengan waktu lama elektroplating 15 menit; d) Lama waktu elektroplating optimum adalah 15 menit agar baja karbon sedang mempunyai kekerasan tertinggi dengan laju korosi terendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Andi Chadir., 2008, Jurnal Pengujian Korosi “ Penentuan Laju Korosi Paduan ZrNbSn Dengan Metode Elektrokimia “, PTBN – BATAN, Serpong.
- Callister. W.D., 2007, “ *Material Science and Engineering An Introduction* “ edisi 7, John Willey & Sons, Inc. 406 – 441
- Dwi Prayitno., 2005, “ Perbedaan Berat Kurva Pelapisan Nikel Akibat Penggunaan Lapisan Dasar Cu dan Tanpa Dasar Cu Dengan Variasi Waktu Pada Bahan Baja Karbon Rendah “. Universitas Negeri Semarang, Semarang. 8 – 9.
- Fontana, Mars G, 1987, “ *Corrosion Engineering* “, 3 ed, Mc Graw Hill Book Company, New York, pp. 162 – 173.
- Graham S.W., Jasim A. M., Nabhani, 2007, Jurnal Corossion “ *Electrochemical behavior of Low Carbon Steel in Aqueous Solutions* “, University of Teesside Middlesbrough, United Kingdom.
- Jones, D.A., 1992, “ *Principles and Prevention Of CORROSION* “, NewYork ; Mac-

- millian Publishing Company Inc.
- Priyotomo, Gadang., 2001, Jurnal Pengujian Korosi “ Karakterisasi perbandingan material baja karbon sedang dan baja nirkarat di lingkungan 5% klorida dengan uji kabut garam “, Pusat Penelitian Metalurgi-LIPI, Banten.
- Rulendro Prasetyo., 2009, “ Pengaruh Variasi Konsentrasi Larutan NaCl Dengan Konsentrasi 3,5%, 4%, 5% Terhadap Laju Korosi baja karbon sedang “. Universitas Muhamadiyah Surakarta, Surakarta.
- Rosita Dwi C, Harmani, 2009, ”Studi Inhibisi Korosi Baja Austenitik 304 Dalam Media NaCl 3% Dengan Menggunakan Inhibitor Asam – asam lemak Hasil Hidrolisis Minyak Biji Kapuk”. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Setia Hadi Nugroho., 2008, “ Pengaruh Variasi Tegangan dan Temperatur Pencelupan Pada Proses Pelapisan Nikel Terhadap Ketebalan, Kekerasan, Dan Struktur Mikro Pada baja karbon sedang Dengan Metode Electopating “. Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Surdia, T., Saito, S., 1999, “ Pengetahuan Bahan Teknik “, Cetakan ke – 4, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Trethewey, K. R. & Chamberlain, J., 1991, “ Korosi “, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Tri Teguh Anggara., 2007, “ Pengaruh Variasi Temperatur Proses Pelapisan Metode Hot Dip Galvanizing Terhadap Tebal Lapisan Struktur Mikro Dan Korosi Pada Baja Karbon Rendah “. Universitas Negeri Semarang. 8 -10
- Van Vlack, L. H., 1992, “ Ilmu dan Teknologi Bahan “, Edisi ke -5, PT. Erlangga, Jakarta.