

---

# PENGARUH VARIASI WAKTU DAN KONSENTRASI LARUTAN *NaCl* TERHADAP KEKERASAN DAN LAJU KOROSI DARI LAPISAN NIKEL ELEKTROPLATING PADA PERMUKAAN BAJA KARBON SEDANG

Viktor Malau<sup>1)</sup> dan Nelson Seleman Luppa<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik UGM

<sup>2)</sup>Program Pascasarjana Jurusan Teknik Mesin dan Industri UGM

Jl. Grafika No. Yogyakarta 55281

e-mail: malau@ugm.ac.id

## Abstrak

*Penggunaan baja karbon sedang pada berbagai konstruksi termasuk kapal laut dan bangunan dalam air laut banyak ditemui di lapangan. Baja karbon sedang rentan terhadap korosi dalam media korosif air laut. Sifat tahan korosi baja dapat ditingkatkan dengan memberi lapisan nikel elektroplating pada permukaan baja tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi lama elektroplating (0, 5, 10, 15 menit) dan konsentrasi larutan NaCl (0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 %) terhadap kekerasan dan laju korosi baja karbon sedang. Logam dasar (baja karbon sedang) yang dilapisi memiliki komposisi kimia (dalam % berat) 98,7 Fe; 0,313 C; 0,177 Si; 0,425 Mn; 0,011 P; 0,076 S; 0,038 Ni; 0,165 Cr; 0,007 V; 0,005 Al; 0,002 Ti dan 0,006 W.*

*Spesimen yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 12 mm dan tebal 4 mm. Proses nikel elektroplating dilakukan dalam larutan elektrolit yang mengandung nikel dengan variasi lama elektroplating (0, 5, 10, 15 menit) pada tegangan 12 volt, suhu 40 °C dan kuat arus 3 A/dm<sup>2</sup>. Pengujian kekerasan dilakukan dengan indentasi Vickers pada beban 10 gram dan lama pembebanan 10 detik, sedang pengujian laju korosi dilaksanakan dengan metode polarisasi dengan sel tiga elektroda dalam larutan NaCl dengan konsentrasi larutan: 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 dan 1,0 %.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa logam dasar (baja karbon sedang) mempunyai kekerasan sebesar 205,4 VHN0,01 dan laju korosi sebesar 90,76 mpy. Lapisan nikel meningkatkan kekerasan dan menurunkan laju korosi secara signifikan. Kekerasan meningkat, tetapi laju korosi menurun seiring dengan naiknya lama elektroplating. Laju korosi meningkat jika konsentrasi larutan NaCl naik. Lapisan mempunyai kekerasan tertinggi sebesar 329,6 VHN0,01 dengan laju korosi terendah sebesar 8,08 mpy untuk lama elektroplating 15 menit dan konsentrasi larutan NaCl sebesar 0,2 %. Lama elektroplating yang diperlukan adalah minimum 10 menit agar dihasilkan laju korosi relatif rendah untuk berbagai konsentrasi larutan NaCl.*

**Kata kunci:** *lapisan nikel elektroplating, kekerasan dan laju korosi*

## 1. PENDAHULUAN

Baja, termasuk baja karbon sedang, banyak digunakan pada berbagai bidang teknik seperti bidang industri, konstruksi, kapal laut, bangunan dalam air dan berbagai komponen mesin yang harus memenuhi persyaratan seperti kekuatan, tahan korosi, tahan aus, dan tahan beban kejutan dan sebagainya. Kelemahan baja karbon sedang adalah kurang keras sehingga bahan ini cepat aus dan korosif dalam larutan tertentu, termasuk larutan yang mengandung NaCl. Sifat kurang baik dari baja karbon sedang dapat diperbaiki dengan berbagai cara, dan salah satu cara yang dapat ditempuh adalah dengan teknik perlakuan permukaan (*surface treatment*) berupa pemberian lapisan pada permukaan logam tersebut. Ada banyak teknik pelapisan permukaan yang dapat dipilih, dan salah satu diantaranya adalah *nickel electroplating* dengan bahan pelapis nikel. Bahan pelapis nikel pada permukaan suatu bahan akan meningkatkan kekerasan dan ketahanan korosi bahan tersebut.

Penelitian ini memilih teknik *nickel electroplating* (pelapisan dengan nikel) terhadap permukaan baja karbon sedang. Proses pelapisan dilakukan dalam larutan elektrolit yang mengandung unsur nikel dengan parameter penelitian berupa lama elektroplating / pencelupan (0, 5, 10, 15 menit) dan konsentrasi larutan NaCl (0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 %) terhadap kekerasan dan laju korosi baja karbon sedang. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan oleh dunia industri (*users*) sebagai acuan dalam memilih lama elektroplating dan konsentrasi NaCl agar diperoleh kekerasan tertinggi dan laju korosi terendah.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

**Syamsa dan Santoso (2007)** telah meneliti pengaruh lapisan nikel elektroplating terhadap material tembaga dengan parameter berupa lama pelapisan (5, 10, 15 menit), kuat arus (0,28; 0,35; 0,42 amper) dan temperatur (40, 50, 60 °C) dan diperoleh hasil bahwa tebal lapisan nikel akan naik jika lama pelapisan, kuat arus dan temperatur naik. Secara khusus, tebal lapisan nikel yang diperoleh adalah 82  $\mu\text{m}$  untuk lama pelapisan 15 menit, kuat arus 0,42 amper dan temperatur 60 °C.

Kekerasan tertinggi lapisan khrom keras elektroplating pada baja karbon sedang adalah 431 VHN pada temperatur elektroplating 55 °C dengan rapat arus 60 A/dm<sup>2</sup>. Tebal lapisan khrom dan efisiensi pelapisan naik seiring dengan naiknya rapat arus (**Nurbanasari, dkk, 2009**). **Suarsana dan Viktor (2009)** menyebutkan bahwa kekerasan tertinggi dan keausan spesifik terendah dari lapisan khrom keras elektroplating pada baja karbon terjadi pada tegangan elektroplating 6 volt, temperatur 55 °C dan lama pelapisan 50 menit. **Krisnaputra (2007)** telah meneliti pengaruh lapisan khrom keras elektroplating terhadap kekerasan dan laju korosi dari baja karbon St 40 dalam media korosif air laut. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa lapisan khrom meningkatkan kekerasan dari 176 VHN (logam dasar) menjadi 427 VHN dan selanjutnya lapisan khrom ini menurunkan laju korosi untuk temperatur pelapisan berkisar antara 50 °C dan 60 °C. Lapisan khrom keras pada permukaan baja S45C dapat meningkatkan kekerasan dari 197 VHN (logam dasar) menjadi 900 VHN (**Malau, 2009**).

Penelitian yang dilakukan **Jatmiko dan Budiarto (2009)** tentang laju korosi baja tahan karat 304L dalam larutan air demineralisasi pada temperatur 25 °C dengan inhibitor Na<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> dan NaNO<sub>3</sub> menunjukkan bahwa laju korosi baja 304L dengan inhibitor NaNO<sub>3</sub> adalah sebesar 0,05 mpy untuk konsentrasi NaNO<sub>3</sub> sebesar 15 ppm dan laju korosi baja 304L adalah 0,006 mpy untuk konsentrasi inhibitor Na<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> sebesar 30 ppm. **Dobrev, dkk (2002)** telah melakukan penelitian lapisan *multi-layer* tembaga, nikel dan khrom dan diperoleh hasil bahwa lapisan *multi-layer* merupakan bersifat dekoratif dan menjadi pelindung terbaik terhadap korosi. Lapisan *chromate coating* pada aluminium yang diperoleh dengan cara perendaman logam aluminium dalam garam basa Li pada suhu 100 °C akan meningkatkan ketahanan korosi dari aluminium tersebut (**Buchheit, dkk, 1994**). Berdasarkan paparan di atas nampak jelas bahwa teknologi elektroplating sangat potensial diaplikasikan untuk mengeraskan permukaan bahan dan menurunkan laju korosi.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

**a. Bahan.** Bahan yang digunakan meliputi:

- i. Potongan baja karbon sedang tanpa lapisan
- ii. Potongan baja karbon sedang yang telah diberi lapisan Ni dengan teknik elektroplating
- iii. Batang nikel sebagai bahan anoda dan larutan nikel sulfat (NiSO<sub>4</sub>)
- iv. Larutan NaCl dengan konsentrasi 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 dan 1,0 % untuk larutan media korosif
- v. Kertas ampelas dengan ukuran butir halus dan kasar
- vi. Autosol, bahan etsa dan alkohol.

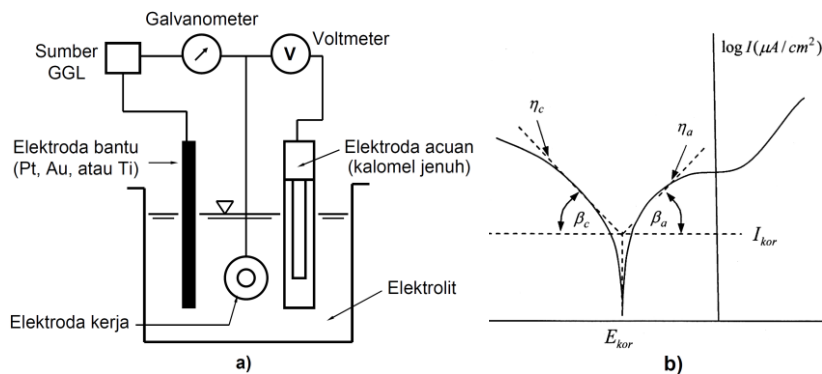
**b. Alat.** Alat yang digunakan meliputi:

- i. Alat elektroplating beserta kelengkapannya
- ii. Mesin poles untuk menghaluskan permukaan spesimen
- iii. Mesin uji kekerasan untuk mengetahui kekerasan permukaan benda uji
- iv. Alat potensiostat untuk mengetahui laju korosi benda uji
- v. Mikroskop optik dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*).

Pengujian pertama dilakukan terhadap baja karbon sedang yang belum mendapat proses elektroplating. Pengujian tahap kedua dilaksanakan terhadap spesimen yang telah diberi lapisan nikel. Hasil yang dicapai berupa kekerasan dan laju korosi dengan parameter penelitian meliputi lama pencelupan (0, 5, 10, 15 menit) dan konsentrasi larutan NaCl (0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 %). Pengujian kekerasan permukaan menggunakan mikro Vickers dengan beban indentasi 10 gram dengan lama indentasi 15 detik.

### c. Cara Pengujian Korosi

Skema alat uji korosi tipe sel tiga elektroda diperlihatkan pada Gambar 2 a. Dengan mengukur besar arus yang mengalir pada rangkaian sel tiga elektroda, maka laju korosi dapat dihitung berdasarkan persamaan (7).



Gambar 2. Skema alat uji korosi tipe sel tiga elektroda (Tretheway dan Chamberlain, 1991)

Pengujian ini menggunakan tiga elektroda yaitu:

#### i. Elektroda kerja (*working electrode*)

Elektroda kerja sebagai elektroda yang akan diteliti, digunakan istilah elektroda kerja sebagai ganti dari anoda karena penelitiannya tidak terbatas hanya pada perilaku yang bersangkutan dengan anoda, tetapi juga penyelidikan tentang perilaku katoda.

#### ii. Elektroda bantu (*counter/auxiliary electrode*)

Elektroda bantu adalah elektroda kedua yang khusus untuk mengangkut arus dalam rangkaian yang terbentuk dalam penelitian. Elektroda ini tidak digunakan untuk mengukur potensial. Platina, emas dan titanium dapat digunakan sebagai bahan elektroda bantu.

#### iii. Elektroda acuan (*reference electrode*)

Elektroda acuan adalah elektroda yang digunakan sebagai titik dasar yang sangat mantap untuk mengacu pengukuran-pengukuran potensial 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 ke dalam larutan elektrolit dalam tabung elektrokimia dan terhubung dengan potensiostat/galvanostat. Proses korosi dimulai dengan pemberian potensial pada elektroda kerja dari -2000 mV sampai 2000 mV dan di-scanning dengan kecepatan tertentu kemudian diplot pada diagram kurva potensial vs logaritma intensitas arus seperti pada Gambar 2 b.

Proses yang terjadi pada elektroda kerja adalah sebagai berikut:

#### i. Elektroda kerja diberi potensial negatif (polarisasi katodik)

Elektroda kerja mengalami **reaksi reduksi** yang ditunjukkan dengan gradien negatif pada grafik 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.

#### ii. Elektroda kerja diberi potensial positif (polarisasi anodik)

Elektroda kerja mengalami **reaksi oksidasi** setelah reaksi reduksi berakhir, ditunjukkan dengan gradien positif pada grafik sebelah kanan. Reaksi ini terjadi saat diberi potensial dan arus yang semakin besar. Potensial yang biasanya diberikan sampai dengan 2000 mV.

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 ( $\eta_c$ ) dan

garis Tafel reaksi oksidasi ( $\eta_a$ ) pada garis potensial korosi ( $E_{kor}$ ). Nilai  $\eta_c$  dan  $\eta_a$  ditentukan dengan persamaan berikut (Fontana, 1987):

$$\eta_a = \beta_a \log \frac{i_a}{i_0} \quad \text{dan} \quad \eta_c = \beta_c \log \frac{i_c}{i_0} \quad (8)$$

dengan

$\eta_c$  = Tafel reaksi reduksi,  $\eta_a$  = Tafel reaksi oksidasi,  $i_c$  = arus pada reaksi katoda,

$i_a$  = arus pada reaksi anoda,

$i_0 = i_a = -i_c = i_{kor}$  = arus saat perubahan reaksi reduksi menuju reaksi oksidasi,

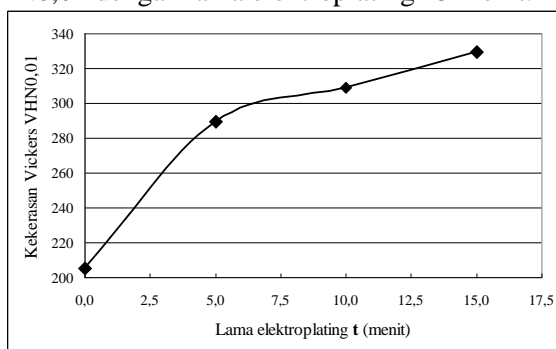
$\beta_c$  = gradien Tafel reaksi katoda,  $\beta_a$  = gradien Tafel reaksi anoda.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan yang digunakan sebagai bahan dasar (*raw material*) mempunyai komposisi kimia (% berat): 98,7 Fe; 0,313 C; 0,177 Si; 0,425 Mn; 0,011 P; 0,076 S; 0,038 Ni; 0,165 Cr; 0,007 V; 0,005 Al; 0,002 Ti dan 0,006 W. Bahan ini termasuk baja karbon sedang dengan kekuatan tarik rata-rata 55,3 kg/cm<sup>2</sup>.

##### a. Kekerasan Lapisan

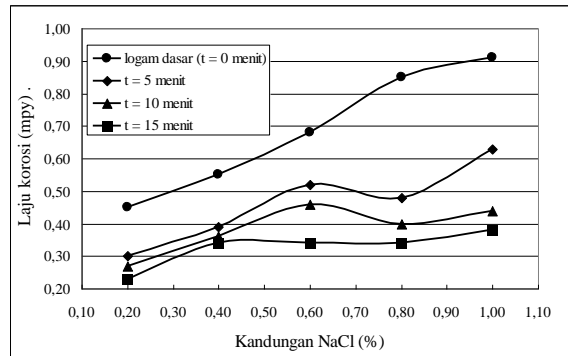
Gambar 3 menunjukkan hubungan antara kekerasan permukaan (Vickers Hardness Number, VHN) dengan lama elektroplating pada kuat arus 3 A/dm<sup>2</sup>, tegangan 12 volt dan suhu elektroplating 40 °C. Kekerasan permukaan yang telah mendapat lapisan nikel lebih tinggi dari kekerasan logam dasar. Logam dasar memiliki kekerasan sebesar 205,4 VHN0,01 (dengan lama elektroplating = 0 menit). Gambar ini menginformasikan bahwa kenaikan lama elektroplating akan menaikkan kekerasan permukaan. Kekerasan semakin meningkat disebabkan oleh tebal lapisan semakin besar. Tebal lapisan nikel yang semakin besar ini memiliki kerapatan yang lebih tinggi sehingga kekerasan permukaan bahan semakin besar. Kekerasan ini juga dipengaruhi oleh interaksi antara ion dopan (ion elektroplating) dengan substrat, yaitu interaksi antara Fe dan Ni yang memiliki sifat lebih keras. Lapisan nikel pada permukaan baja karbon sedang memiliki kekerasan tertinggi sebesar 329,6 VHN0,01 dengan lama elektroplating 15 menit.



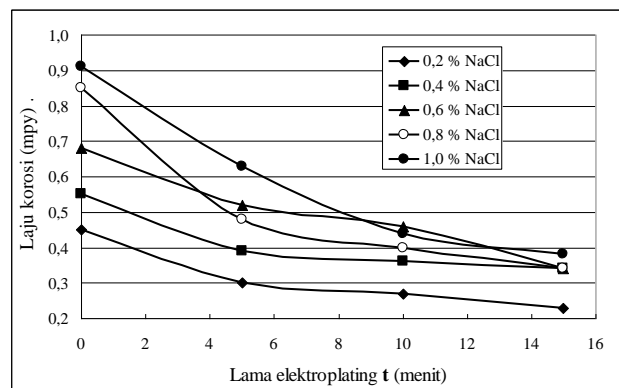
Gambar 3. Pengaruh lama elektroplating terhadap kekerasan Vickers baja karbon sedang pada kuat arus 3 A/dm<sup>2</sup>, tegangan 12 volt dan suhu 40 °C

##### b. Laju Korosi

Laju korosi dihitung dengan persamaan (7) setelah terlebih dahulu menghitung arus korosi ( $i$ ) berdasarkan Gambar 2. Gambar 4 menunjukkan laju korosi sebagai fungsi konsentrasi larutan NaCl dan lama elektroplating baja karbon sedang tanpa lapisan (*raw material*) dan dengan lapisan nikel. Gambar ini mengindikasikan bahwa logam dasar (*raw material*) memiliki kenaikan laju korosi yang signifikan jika konsentrasi larutan NaCl mengalami kenaikan dari 0,2 sampai 1,0 %. Kenaikan konsentrasi larutan NaCl dan waktu elektroplating tidak memberi kenaikan cukup signifikan terhadap laju korosi dari lapisan nikel bila dibandingkan dengan laju korosi logam dasar. Kenaikan lama elektroplating membuat lapisan nikel semakin tebal dengan kerapatan yang semakin besar, sehingga hal ini akan menyebabkan penurunan laju korosi.



Gambar 4. Pengaruh konsentrasi larutan NaCl dan lama elektroplating terhadap laju korosi baja karbon sedang tanpa lapisan (*raw material*) dan dengan lapisan pada kuat arus  $3 \text{ A/dm}^2$ , tegangan 12 volt dan suhu  $40^\circ \text{C}$



Gambar 5. Pengaruh lama elektroplating dan konsentrasi larutan NaCl terhadap laju korosi baja karbon sedang pada kuat arus  $3 \text{ A/dm}^2$ , tegangan 12 volt dan temperatur  $40^\circ \text{C}$

Gambar 5 memperlihatkan distribusi laju korosi sebagai fungsi lama elektroplating dan konsentrasi larutan NaCl pada kuat arus  $3 \text{ A/dm}^2$ , tegangan 12 volt dan temperatur  $40^\circ \text{C}$ . Laju korosi pada lama elektroplating nol ( $t = 0$ ) pada Gambar 5 tersebut menyatakan laju korosi logam dasar tanpa lapisan (*raw material*). Laju korosi dari logam dasar naik dari 44,63 menjadi 90,76 mpy jika konsentrasi larutan NaCl naik dari 0,2 menjadi 1,0 %. Secara umum, laju korosi turun jika lama elektroplating mengalami kenaikan. Laju korosi relatif konstan jika lama elektroplating lebih besar dari 5 menit.

Laju korosi terendah adalah sebesar 8,08 mpy untuk lama elektroplating 15 menit dan konsentrasi larutan NaCl sebesar 0,2 %. Lama elektroplating yang diperlukan adalah minimum 10 menit agar dihasilkan laju korosi relatif rendah untuk berbagai konsentrasi larutan NaCl.

## 5. KESIMPULAN

- Lapisan nikel Ni pada baja karbon sedang meningkatkan kekerasan permukaan. Kenaikan lama elektroplating akan menaikkan kekerasan permukaan. Logam dasar (baja karbon sedang) mengalami kenaikan kekerasan dari 205,4 menjadi 329,6 VHN0,01 setelah mendapat lapisan nikel Ni dengan lama elektroplating 15 menit.
- Laju korosi meningkat jika konsentrasi larutan NaCl naik, sebaliknya laju korosi turun jika lama elektroplating mengalami kenaikan. Lapisan nikel Ni menurunkan laju korosi secara signifikan. Laju korosi logam dasar naik dari 44,63 mpy menjadi 90,76 mpy apabila konsentrasi larutan NaCl naik dari 0,2 menjadi 1,0 %. Laju korosi terendah sebesar 8,08 mpy untuk lama elektroplating 15 menit dan konsentrasi larutan NaCl sebesar 0,2 %.
- Lama elektroplating yang diperlukan adalah minimum 10 menit agar dihasilkan laju korosi relatif rendah untuk berbagai konsentrasi larutan NaCl.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Buchheit, R. G., Bode, M. D., Stoner, G. E., 1994, Corrosion-Resistant, Chromate-Free Talc Coatings for Aluminum, *Journal Corrosion*, Vol. 50, March 1994.
- Dobrev, T. S., Moneva, M., Nikolova, S. And Rashkov, S. T., 2002, Evaluation of the Corrosion Protection Properties of Multilayer Cu/Ni/Cr Deposits, *Surface and Coatings Technology*, Vol. 29.
- Fontana, M. G., 1987, *Corrosion Engineering*, 3<sup>rd</sup> Edition, Mc Graw-Hill Book Company, New York
- Grainger, S., 1989, *Engineering Coatings*, 1<sup>st</sup> Edition, England.
- Jatmiko, E. dan Budiarto, 2009, Analisis Laju Korosi Dengan Metode Polarisasi dan Potensiodinamik Bahan Baja SS 304L, *Prosiding Seminar Nasional ke-15 Teknologi dan Keselamatan PLTN Serta Fasilitas Nuklir*, Surakarta 17 Oktober 2009, ISSN 0854-2910.
- Jones, D. A., 1991, *Principles and Prevention of Corrosion*, Mac-Milman Publishing Company, Ohio.
- Krisnaputra, 2007, Pengaruh Variasi Temperatur pada Proses Pelapisan Khrom terhadap Kekerasan dan Laju Korosi Baja Karbon Rendah St 40 di Lingkungan Air Laut, Tugas Akhir Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Malau, V., 2009, Sifat-sifat Lapisan Hard Chrome pada Baja S45C dengan Variasi Tegangan, Suhu dan Lama Pelapisan, *Prosiding Seminar Nasional Kluster Riset Teknik Mesin 2009*, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Sebelas Maret, Surakarta, Oktober 2009, ISBN 978-602-95597-0-5.
- Nurbanasari, M., Ramelan, A., Amos, P.H.H., 2009, Proses Pelapisan Khromium pada Pelat Baja Karbon Rendah, *Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri ke 15*, Pusat Studi Ilmu Teknik, Jurusan Teknik Mesin dan Industri UGM, ISBN: 978-979-95620-5-0, Juni 2009 Yogyakarta.
- Suarsana, I.G.N., dan Malau, V., 2009, Pengaruh Tegangan, Suhu dan Waktu Pelapisan Hard Chrome terhadap Keausan dan Kekerasan Lapisan pada Baja AISI 1045 tanpa dan dengan Pengerasan, *Jurnal mesin dan Industri*, *Jurusan Teknik Mesin dan Industri*, Fakultas Teknik UGM, Volume 6, No. 2, Edisi Mei 2009, ISSN 1693-704X.
- Syamsa, M., Santoso, 2007, Pengaruh Parameter Proses Pelapisan Nikel terhadap Ketebalan Lapisan, *Jurnal Teknik Mesin*, Universitas Petra, Vol. 9 No. 1.
- Tretheway, K.R., Chamberlain, J., 1991, *Korosi untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*, Terjemahan PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.