

PENGARUH TEMPERATUR LARUTAN DAN WAKTU PELAPISAN ELEKTROLES PADA PROSES METALISASI PLASTIK ABS TERHADAP KEKERASAN LAPISAN

Ir. I Gst. Ngr. Nitya Santhiarsa, MT.

Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, kampus Bukit Jimbaran

Email : santhiarsa@yahoo.com

ABSTRACT

Plastical stuff have some excellence, that is: light, strength, easy to formed, anti corrosive and hold up to chemicals. But at the opposite of its excess, plastic also own the weakness that is its ability to hold up to incise and low hardness. As component of vehicle body, one of nature product wanted is a hardness surface. Along with technological growth in technical field of non metal coating process, the improvement of hardness of plastical stuff can be done with the process of metalization plastic through process elektroless. Research use the plastic ABS upon which arranged in layers, with the variation of temperature, 30°C, 40°C and 50°C, and also variation of time elektroles 5 minute, 10 minute, and 15 minute. Examination conducted cover the examination of hardness vickers.

Result of research indicate that the temperature and time at process of electroless plating have an effect on to hardness where at temperature 50°C and time elektroles 15 minute got a hardest result equal to VHN = 17,57. The lowest result which got temperature 30°C and time elektroles 5 minute equal to VHN = 14,08

Keyword : Elektroless coatings, Temperature, Time, Hardness

1. Pendahuluan

Melihat potensi bahan plastic sebagai bahan substitusi bagi logam, maka berbagai cara dilakukan oleh manusia dalam rangka meningkatkan sifat mekanik dari bahan plastik. Seiring dengan perkembangan teknologi di bidang teknik pelapisan non logam, proses peningkatan sifat kekerasan bahan plastik dapat dilakukan dengan proses metalisasi plastik melalui proses elektroles yaitu proses pelapisan yang tidak menggunakan sumber arus listrik, suatu proses otokatalitik dimana terjadinya endapan yang kontinu karena reduksi kimia dari ion logam yang berasal dari dalam larutan dengan bantuan zat reduktor yang juga terkandung di dalam larutan. Selain dapat menambah kemampuan plastik dalam menghantar listrik proses ini juga dapat menambah kekerasan permukaan, juga dapat menambah nilai dekoratif dari bahan tersebut. Pada penelitian ini akan dibahas pemanfaatan proses elektroles pada bahan plastik khususnya pada bahan plastik ABS. Plastik *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) termasuk kelompok *engineering thermoplastic* yang berisi 3 monomer pembentuk. Akrilonitril bersifat tahan terhadap bahan kimia dan stabil terhadap panas. Butadiene memberi perbaikan terhadap sifat ketahanan pukul dan sifat liat (*toughness*), sedangkan stirena menjamin kekakuan (*rigidity*) dan mudah diproses (Mujiarto, 2005). Pada penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan oleh M.N Mohamad Ibrahim *Penyaduran Nikel Tanpa Elektrik ke Atas Plastik ABS Bergred Tidak Boleh Disadur*, dimana pada penelitian ini proses elektroless dilakukan pada pH 7,5-8 dengan

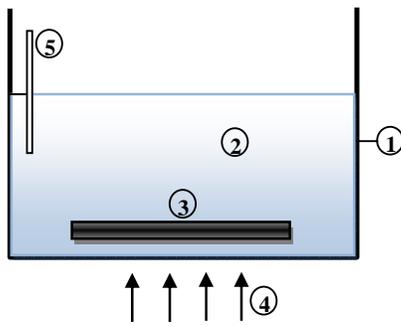
waktu pelapisan 10 menit, berhasil melapisi plastik dengan baik. Pengujian dilakukan dengan uji kekerasan Vickers (*Vickers Hardness Test*) yang mendapati nilai kekerasan yaitu 11,8 HV/0.5. Angka 11.8 merupakan nilai kekerasan yang diperoleh sedangkan 0.5 merupakan beban spesimen yang digunakan yaitu 0.5 kgf. Penelitian ini mengembangkan penelitian sebelumnya dimana proses elektroles yang dilakukan adalah elektroles nikel dengan melihat pengaruh dari temperatur larutan dan waktu pelapisan terhadap kekerasan hasil lapisan pada proses metalisasi plastik ABS.

2. Dasar Teori

Pelapisan Elektroles

Electroless plating merupakan proses pelapisan yang tidak menggunakan listrik dalam proses pelapisannya. Pelapisan yang terjadi karena adanya reaksi oksidasi dan reduksi pada permukaan bahan, sehingga terbentuk lapisan logam yang berasal dari garam logam tersebut. Karena tidak menggunakan bantuan arus listrik dalam pertukaran elektron, proses pelapisan yang terjadi berjalan lebih lambat, sehingga untuk mempercepat pelapisan, temperature proses harus dinaikkan sesuai batas yang dianjurkan dengan bantuan alat pemanas. Peralatan utama pada proses pelapisan elektroles berbeda dengan pelapisan secara elektropating dimana pada proses elektroles ini tidak menggunakan arus listrik dalam prosesnya. Seperti terlihat pada gambar 1 di bawah.





Gambar 1: Skema Proses Pelapisan Plastik

Keterangan :

1. Bak Plating
2. Larutan Elektrolis Nikel
3. Bahan yang dilapis (Plastik ABS)
4. Pemanas (Heater)
5. Termometer

Pengembangan pelapisan plastik melalui proses etsa (*etching*) pada proses elektrolis memberikan kekuatan daya lekat lapisan yang cukup baik, karena dapat membersihkan lapisan tipis dan membuat pori-pori halus sebagai tumpuhan lapisan berikutnya. Dalam pelaksanaan pelapisan plastik, pada pengerjaan pendahuluan atau persiapannya, satu sama lain prosesnya juga berbeda, karena sangat dipengaruhi oleh jenis plastik yang akan dilapisi, sehingga permukaan bahan kimia untuk larutan pencuci dan etsa juga berbeda.

Proses Pelapisan Plastik

Pada umumnya pelapisan plastik selalu dikombinasikan dengan proses elektrolis yang dilakukan setelah proses etsa (*etching*) dan sebelum proses pelapisan dengan cara listrik (*electroplating*). Secara umum, rangkaian tahapan proses elektrolis plating pada plastik ABS terdiri atas beberapa proses dan fungsinya yaitu:

a. Soak Cleaning

Fungsi tahap ini adalah membersihkan permukaan plastik ABS dari berbagai pengotor seperti gram bekas bor, debu, oli, lemak maupun tapak tangan. Permukaan plastik ABS harus bersih agar efektifitas reaksi kimia pada tahap berikutnya dapat lebih besar sehingga peluang keberhasilan proses plating logamnya pun akan menjadi lebih besar pula. Adapun bahan dan kondisi larutan pada tahap ini dapat dilihat pada tabel 1 di bawah.

Tabel 1 Bahan dan Kondisi Proses Soak Cleaning

Bahan dan Kondisi	Konsentrasi Larutan
PS Clean 1	50 gr
Aqua DM	Ditambahkan hingga volume 1 liter
Suhu	60 ⁰ C
Waktu proses	10 menit

b. Chemical etching

Fungsi tahap *chemical etching* adalah mengikis permukaan plastik ABS agar terbentuk pori-pori. Fungsi dari pori-pori tersebut adalah untuk meningkatkan daya lekat lapisan dan lebih memudahkan terbentuknya lapisan. Bahan dan kondisi larutan pada proses ini dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Bahan dan Kondisi Larutan pada Proses *Chemical Etching*

Bahan dan Kondisi	Konsentrasi Larutan
Chromic acid	400 gr
Asam sulfat	380 ml
Aqua DM	Ditambahkan hingga volume 1 liter
Suhu	60 – 70 ⁰ C
Waktu	5 - 15 menit

c. Netralisasi / acid dip

Fungsi tahap netralisasi adalah untuk menghilangkan bekas larutan *chemical etching* yang masih ada di pori-pori permukaan plastik ABS. Bahan dan kondisi larutan dapat dilihat pada tabel 3

Tabel 3 Bahan dan Kondisi Larutan pada Proses Netralisasi

Bahan dan Kondisi	Konsentrasi Larutan
Asam khlorida	55 ml
Aqua DM	Ditambahkan hingga volume 1 liter
Suhu	Suhu ruangan
Waktu proses	0,5 - 1 menit

d. Pre dip

Fungsi tahap pre dip adalah untuk benar-benar menghilangkan bekas larutan etsa yang masih ada di permukaan plastik ABS serta meningkatkan efisiensi reaksi kimia ditahap katalisasi palladium. Bahan dan kondisi larutan proses pre dip dapat dilihat pada tabel 4.



Tabel 4 Bahan dan Kondisi Larutan pada proses Pre dip

Bahan dan Kondisi	Konsentrasi Larutan
PS pre dip	235 gr
Asam klorida	60 ml
Aqua DM	Ditambahkan hingga volume 1 liter
Suhu	Suhu ruangan
Waktu	0,5 - 1 menit

e. Katalisasi Palladium

Fungsi tahap katalisasi adalah untuk menghasilkan permukaan plastik ABS yang bersifat katalis. Permukaan plastik dinyatakan telah bersifat katalis jika permukaan plastik tersebut terlapisi Palladium. Larutan yang digunakan dalam tahap katalisasi palladium merupakan gabungan dari tahap sensitasi dan aktivasi yang mana dalam prosedur yang konvensional kedua tahap tersebut dilakukan terpisah. Reaksi kimia yang terjadi dalam tahap katalisasi palladium adalah :



Dari reaksi kimia tersebut diketahui bahwa dihasilkan partikel palladium dalam bentuk koloid yang menempel di permukaan plastik ABS. Partikel Pd tersebut dikelilingi oleh ion Sn (Sn⁴⁺). Keberadaan ion Sn tersebut saat benda kerja selesai dari tahap katalisasi palladium masih akan ada menyelimuti Pd. Hal tersebut akan menghilangkan sifat katalis dari permukaan plastik ABS. oleh karenanya, ion Sn yang menyelimuti Pd harus dihilangkan. Proses menghilangkan ion Sn terjadi di tahap selanjutnya yaitu proses akselerasi. Bahan dan kondisi proses katalisasi palladium dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Bahan dan Kondisi Larutan pada Proses Katalisasi Palladium

Bahan dan Kondisi	Konsentrasi Larutan
PS katalis 2	140 ml
Asam klorida	150 ml
Aqua DM	Ditambahkan hingga volume 1 liter
Suhu	Suhu ruangan
Waktu	2 - 10 menit

f. Akselerasi

Fungsi tahap akselerasi adalah sebagai berikut:

- Melarutkan lapisan tipis Sn yang menutupi lapisan Pd. Lapisan tipis Sn terbentuk secara

simultan pada proses katalisasi palladium berlangsung. Lapisan tipis Sn yang terbentuk dapat menjadi penghambat bagi terbentuknya lapisan logam saat proses elektrodes plating berlangsung.

- Menghilangkan bahan pencemar logam yang masih berada di permukaan benda kerja. Keberadaan bahan pencemar logam tersebut dapat mengurangi efektivitas reaksi di tahap elektrodes plating dan dapat mempercepat rusaknya larutan elektrodes plating. Bahan dan kondisi larutan pada proses akselerasi ini dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6 Bahan dan Kondisi Larutan pada Proses Akselerasi

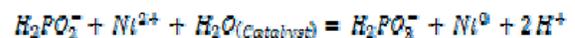
Bahan dan Kondisi	Konsentrasi Larutan
PS Akselerator	75 gr
Aqua DM	Ditambahkan hingga volume 1 liter
Suhu	Suhu ruangan
Waktu proses	2 - 3 menit

g. Elektrodes plating

Fungsi tahap elektrodes plating adalah untuk menghasilkan lapisan logam yang akan menjadi lapisan dasar yang konduktor agar benda kerja dapat terlapisi logam lain pada tahap elektroplating. Jenis elektrodes plating yang dapat diterapkan setelah tahap katalisasi palladium adalah :

- Elektrodes plating tembaga – produknya adalah lapisan logam tembaga.
- Elektrodes plating nikel – produknya adalah lapisan logam nikel. Lapisan logam nikelnya berupa paduan Ni-P (nikel fosfor) yang mempunyai karakteristik lebih keras dan tahan korosi di bandingkan dengan lapisan logam tembaga produk elektrodes plating tembaga.

Dalam proses pelapisan pada permukaan plastik ABS, jenis elektrodes plating yang umum digunakan adalah elektrodes plating nikel. Larutan elektrodes nikel membutuhkan bahan kimia yang berfungsi sebagai reduktor. Bahan kimia reduktor yang umum digunakan adalah sodium hypophosphite (NaH₂PO₂). Reduktor tersebut berfungsi mereduksi ion nikel (Ni²⁺) menjadi logam nikel (Ni⁰). Reaksi reduksi terbentuknya lapisan logam dipermukaan benda kerja akibat adanya bahan reduktor dalam larutan elektrodes nikel plating adalah :



Dari reaksi kimia tersebut diketahui bahwa terbentuknya lapisan nikel dari proses elektrodes nikel dapat terjadi jika permukaan plastik ABS bersifat katalis, reaksi lainnya adalah terbentuknya gas hydrogen dan lapisan elektrodes nikel yang dihasilkan merupakan paduan dari Ni dan P. Bahan dan kondisi larutan pada proses elektrodes dapat dilihat pada tabel 7 di bawah.

Tabel 7 Bahan dan Kondisi Proses Elektrodes Nikel

Bahan dan Kondisi	Konsentrasi Larutan
PS elesni 1-A	30 ml
PS elesni 1-B	100 ml
Ammnonium hidroksida	5 ml
Aqua DM	Ditambahkan hingga volume mencapai 1 liter
Suhu larutan	40 – 60°C
pH larutan	8,8 – 9,2
Waktu proses	5 – 20 menit

h. Rinse

Rinse (pembilasan) adalah proses untuk menghilangkan sisa larutan tahap sebelumnya yang menempel dipermukaan benda kerja dengan menggunakan air.

Plastik ABS

Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) termasuk kelompok *engineering thermoplastic* yang berisi 3 monomer pembentuk. Akriilonitril, bersifat tahan terhadap bahan kimia dan stabil terhadap panas. Butadiene, memberi perbaikan sifat ketahanan pukul dan sifat liat (*toughness*). Sedangkan stirena, menjamin kekakuan (*rigidity*) dan mudah diproses. Beberapa grade ABS ada juga yang mempunyai karakteristik yang bervariasi, dari kilap tinggi sampai rendah dan dari yang mempunyai *impact resistance* tinggi sampai rendah. Berbagai sifat lebih lanjut juga dapat diperoleh dengan penambahan aditif sehingga diperoleh grade ABS yang bersifat menghambat nyala api, transparan, tahan panas tinggi, tahan terhadap sinar UV, dan lain-lain. ABS mempunyai sifat-sifat :tahan bahan kimia, biaya proses rendah, liat, keras, kaku, dapat direkatkan, tahan korosi, dapat didesain menjadi berbagai bentuk, dan memberi kilap permukaan yang baik

3. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada pengaruh temperatur larutan dan waktu pelapisan elektrodes pada proses metalisasi plastik ABS terhadap kekerasan adalah metode eksperimen dimana pada

metode eksperimen ini dilakukan pengujian kekerasan. Hasil dari penelitian ini akan ditampilkan berupa analisa grafik.

Alat

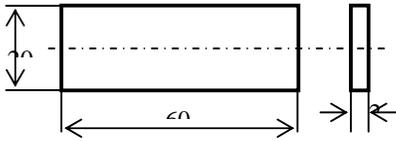
Didalam melakukan penelitian memerlukan alat yang sesuai dengan tujuan dari penelitian, dijelaskan sebagai berikut :

1. Bak plating
Bak plating diperlukan untuk menampung larutan elektrolit. Bak plating terbuat dari bahan kaca karena tahan terhadap korosi yang diakibatkan oleh larutan plating, juga tahan terhadap suhu larutan, serta tidak mencemari larutan yang di tampung. Ukuran bak disesuaikan dengan jenis kerja dan besar benda kerja yang dikerjakan.
2. Bak pembersih
Setelah spesimen diplating, spesimen dibilas dengan air bersih pada bak pembersih yang telah disiapkan. Bak pembersih ini berfungsi untuk membersihkan spesimen sisa larutan.
3. Termometer
Digunakan untuk mengukur suhu larutan plating sehingga diketahui temperatur dari larutan tersebut dan disesuaikan dengan suhu yang digunakan.
4. pH meter
Digunakan untuk mengukur derajat keasaman larutan.
5. Stopwatch
Digunakan untuk menghitung waktu pencelupan
6. Agitator
Digunakan untuk menghasilkan gelembung-gelembung udara atau agitasi.
7. Alat Pemanas
Pemanas digunakan sebagai sumber panas yang memanaskan larutan sehingga diperoleh suhu yang sesuai.
8. Gelas kimia
Digunakan untuk mengukur volume larutan.
9. Mesin Uji Kekerasan
Alat yang digunakan dalam pengujian kekerasan *Vickers* adalah alat uji kekerasan *Micro Hardness Tester*

Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut spesimen uji berupa plastik ABS dengan ukuran 50cm x 40cm dipotong sebanyak 27 buah dengan ukuran masing-masing spesimen adalah 60 mm, lebar 20 mm dan tebal 2 mm, seperti terlihat pada gambar berikut:





Gambar 2. Bentuk dan Ukuran Spesimen Uji

Langkah-Langkah Penelitian

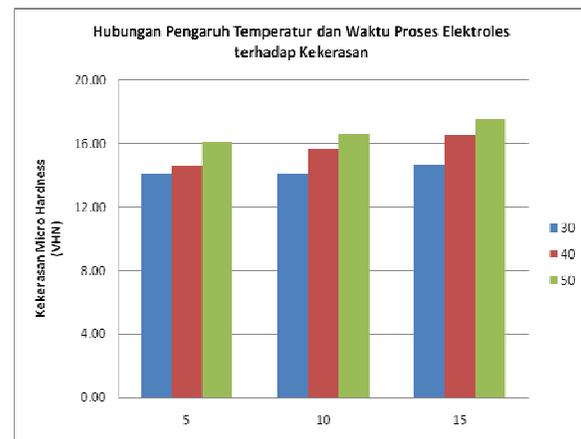
Adapun langkah-langkah dalam melakukan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan selama penelitian
2. Mempersiapkan larutan yang dipakai selama penelitian.
3. Memasang semua alat untuk proses pelapisan.
4. Mempersiapkan bahan yang dilapisi yaitu plastik yang sudah dipotong sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan.
5. Proses pertama, yaitu soak cleaning. Mencelupkan plastik ABS kedalam larutan soak cleaning dengan tujuan untuk membersihkan permukaan plastik dari berbagai pengotor seperti debu, oli, lemak maupun tapak tangan. Kemudian plastik dibersihkan dengan air bersih.
6. Proses kedua, yaitu proses chemical etching. Plastik dicelupkan kedalam larutan etsa dengan tujuan untuk mengikis permukaan plastik agar terbentuk pori-pori. Kemudian plastik dibersihkan dengan air bersih.
7. Proses ketiga, yaitu proses netralisasi. Plastik dicelupkan kedalam larutan netralisasi dengan tujuan untuk menghilangkan bekas larutan etsa yang masih ada di pori-pori permukaan plastik. Kemudian dibilas dengan air bersih.
8. Proses keempat, yaitu proses pre dip. Plastik dicelupkan kedalam larutan pre dip dengan tujuan untuk menghilangkan bekas larutan etsa yang masih ada di pori-pori permukaan plastik serta meningkatkan efisiensi reaksi kimia di tahap katalisasi palladium.
9. Proses kelima, yaitu proses katalisasi palladium. Plastik dicelupkan kedalam larutan katalisasi untuk menghasilkan permukaan plastik yang bersifat katalis. Kemudian plastik dibilas menggunakan air bersih.
10. Proses pelapisan dengan elektrodes. Jenis pelapisan yang digunakan adalah elektrodes nikel dengan komposisi larutan yang telah ditentukan.
11. Pelapisan dilakukan dengan memvariasikan waktu pencelupan spesimen pada waktu 5 menit, 10 menit, dan 15 menit kedalam larutan dengan temperatur 30⁰ C. Dilakukan masing-masing tiga kali pengulangan pada tiap waktu pencelupan.

12. Pelapisan dilakukan dengan memvariasikan waktu pencelupan spesimen pada waktu 5 menit, 10 menit, dan 15 menit kedalam larutan dengan temperatur 40⁰ C. Dilakukan masing-masing tiga kali pengulangan pada tiap waktu pencelupan.
13. Pelapisan dilakukan dengan memvariasikan waktu pencelupan spesimen pada waktu 5 menit, 10 menit, dan 15 menit kedalam larutan dengan temperatur 50⁰ C. Dilakukan masing-masing tiga kali pengulangan pada tiap waktu pencelupan.
14. Pembersihan spesimen sebelum melakukan uji kekerasan.
15. Pengujian kekerasan dilakukan pada permukaan spesimen yang datar.
16. Pengolahan data-data hasil penelitian dimana nantinya data-data hasil penelitian tersebut akan dimasukkan ke dalam tabel untuk selanjutnya dianalisis.

Hasil dan Pembahasan

Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Diploma Mesin Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, data yang di dapatkan kemudian diolah dan dimasukkan ke dalam grafik dalam hal ini memperlihatkan hubungan antara kekerasan permukaan hasil pelapisan dengan temperatur dan waktu pelapisan yang dipakai.



Gambar 3 Grafik hubungan pengaruh temperatur dan waktu proses elektrodes terhadap kekerasan

Dari gambar grafik 3 dapat dilihat peningkatan kekerasan dari lama waktu elektrodes yaitu (5 menit, 10 menit, dan 15 menit), dan peningkatan temperatur dari (30⁰C, 40⁰C, dan 50⁰C). Kekerasan terendah terdapat pada proses elektrodes dengan temperature 30⁰C, waktu elektrodes 5 menit dengan VHN = 14,08 dan kekerasan paling tinggi terdapat pada proses elektrodes dengan



temperatur 50°C, waktu elektrodes 15 menit dengan VHN = 17,57. Dapat dinyatakan bahwa lama waktu elektrodes dan peningkatan temperatur dari larutan berpengaruh terhadap kekerasan lapisan.

Peningkatan kekerasan dari plastik ABS yang telah dilapisi disebabkan oleh kenaikan temperatur dan lama waktu proses elektrodes. Kenaikan temperatur mempercepat laju reaksi dari larutan elektrodes karena dengan naiknya temperatur energi kinetik partikel zat-zat meningkat sehingga memungkinkan semakin banyaknya tumbukan efektif yang menghasilkan perubahan. Partikel-partikel dari logam nikel yang terdapat didalam larutan elektrodes akan semakin cepat bereaksi terikat pada permukaan plastik yang telah terlapiasi oleh logam paladium. Namun pada proses elektrodes ini, untuk memperoleh hasil yang baik disarankan peningkatan temperatur dilakukan didalam batas yang telah ditentukan. Dari grafik juga dapat dilihat lama proses pencelupan plastik dalam larutan elektrodes juga berpengaruh terhadap nilai kekerasan. Hal ini disebabkan oleh banyaknya logam nikel yang menempel pada plastik seiring dengan penambahan waktu yang diberikan. Semakin lama waktu pencelupan plastik di dalam larutan elektrodes maka semakin banyak logam nikel yang menempel pada plastik tersebut.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian terlihat bahwa penggunaan temperatur mulai dari 30°C, 40°C sampai 50°C, menghasilkan kekerasan terendah sebesar VHN = 14,08 dan kekerasan tertinggi sebesar VHN = 17,57 sedangkan penggunaan waktu elektrodes mulai dari 5 menit, 10 menit, sampai 15 menit, menghasilkan kekerasan terendah sebesar VHN = 14,08 dan kekerasan tertinggi sebesar VHN 17,57

Ucapan Terimakasih

Pada kesempatan ini saya menghaturkan terimakasih kepada Ir I Ketut Suarsana, MT dan Andry Harris atas bantuan dan kerjasama yang baik selama penelitian ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus. *Plastik*. <http://id.wikipedia.org/wiki/Plastik>. Diakses tanggal 26 Mei 2009.
- Anonimus. *ABS*. http://en.wikipedia.org/wiki/Acrylonitrile_butadiene_styrene. Diakses tanggal 29 Mei 2009.
- Beurner, B.J.M, 1978, *Ilmu Bahan Logam*. PT. Bhratara Karya Aksara, Jakarta.
- BPPT. 1998. *Teknologi Pelapisan Logam Secara Listrik*. Program Penerapan IPTEK di Daerah: Jakarta.
- Harper, Charles A. *Handbook of Plastic Materials and Processes*. A Concise Encyclopedia
- Hartono, J. Anton dan Tomijiro Kaneko. 1992. *Mengenal Pelapisan Logam (Elektroplating)*. Andi Offset: Yogyakarta.
- Hasan, Iqbal. 2004. *Analisis Data Penelitian dengan Statistik*. PT Bumi Aksara : Jakarta
- Ibrahim, M.N Mohamad. 2006. *Penyaduran Nikel Tanpa Elektrik Keatas Plastik ABS Bergred Tidak Boleh Disadur*. Jurnal Teknologi: University Teknologi Malaysia
- Mujiarto, Imam. 2005. *Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif*. Traksi Vol.3 No 2.
- Saleh, AA. *Pelapisan Logam*. Balai Besar Pengembangan Industri Logam dan Mesin: Jakarta.
- Santosa, Bambang dan Martijanti Syamsa. 2007. *Pengaruh Parameter Proses Pelapisan Nikel Terhadap Ketebalan Lapisan*. Jurnal Teknik Mesin Vol. 9, No. 1, April 2007: 25 – 30
<http://www.petra.ac.id/~puslit/journals/dir.php?DepartmentID=MES>

