

PENGARUH VARIASI SUHU *ELECTROLESSPLATING* NIKEL TERHADAP KARAKTERISTIK FISIK DAN MEKANIK PADA PLASTIK ABS

Lukmanul Karim Fadlilah^a, Muhammad Budi Nur Rahman^b, Cahyo Budiyanoro^c
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183
Telp. +62 274 387656, Faks. +62 274 387646
e-mail: lukman.fadlilah1@gmail.com, budinurrahman@umy.ac.id, cahyo_budi@umy.ac.id

Abstract

ABS (Acrylonitrile-Buadiene-Styrene) plastic is a type of copolymer composed of several forming monomers. ABS have a properties that heat resistant stable, has high strength, has an endurance, hardness, rigidity and is easy to process, clay, hard, can be bonded, corrosion resistant and can be electroplated. ABS plastic is one of the most effective polymers used in industries such as electronics, automotive and household appliances. This study aims to determine and analyze the effect of electrolessplating temperature on physical characteristics including thickness, roughness, and mechanics which include hardness and wear.

Electrolessplating methods are used to overcome the disadvantages of ABS plastics. In this study ABS with dimensions of 80 mm in length, 7 mm in width, and 3 mm in thickness was given electrolessplating treatment with nickel coating. The research variable used in this study is the electrolyte temperature variation of nickel coating with variations of 40°C, 50°C, 60°C, 70°C. The test variables carried out are physical characteristics which include micro testing, SEM testing, thickness testing, roughness testing, and mechanics which include hardness testing and wear testing.

The results showed that the thickness of the nickel layer increased at 50°C and decreased at 60°C and 70°C. In the roughness test, the roughness of the specimens increased with increasing electrolyte temperature with temperature sequentially 40°C, 50°C, 60°C, 70°C and with a roughness value of 0,170 μm, 0,192 μm, 0,255 μm, 0,422 μm. In the hardness test, the hardness value did not increase with the highest hardness value of 84.5 while the hardness value in the raw material was 83.5. While the wear rate of the nickel layer at electrolytic plating temperatures of 40°C, 50°C, 60°C, 70°C in order was 19,01, 13,00, 8,80, and 4,19

Keywords: elektroless nickel plating, ABS plastic, temperature of eletroless.

1. Pendahuluan

Akronitril butadiene stirena (ABS) merupakan kelompok engineering thermoplastic yang berisi 3 monomer pembentuk [6]. ABS berasal dari akronitril, butadiene, dan stirena. Akronitril adalah monomer sintesis yang bersifat stabil terhadap panas, tahan terhadap bahan kimia dan memiliki kekuatan tinggi. Butadiene mempunyai sifat ketahanan pukul dan sifat kekerasan (*toughness*), sedangkan stirena yaitu bersifat kaku (*rigidity*) dan mudah untuk diproses. Dari sifat dasar tersebut sifat yang paling penting dari ABS ialah ketahanan pada benturan dan ketangguhan. Pada saat ini plastik ABS adalah salah satu polimer yang paling sering digunakan di bidang industri, seperti untuk kebutuhan elektronik, otomotif, dan lain sebagainya. Hal ini dikarenakan ABS mempunyai kekuatan kejut, kekenyalan yang tinggi, memiliki stabilitas dimensi yang baik, dan kemampuan proses yang baik dibanding polistiren, sehingga sangat cocok untuk aplikasi pada komponen-komponen yang bergerak [12].

Pada ABS, polibutadiena yang merupakan bahan sejenis karet terdistribusi merata di dalamnya. Hal ini membuat plastik ABS memiliki karakteristik khusus untuk *plating*, butadiena seperti dapat teracak secara selektif dari matriks dan meninggalkan lubang mikroskopis yang digunakan untuk *electrolessplating*. *Electrolessplating* yaitu metode pelapisan yang dalam proses pelapisannya tidak menggunakan listrik, proses pelapisan yang terjadi dikarenakan adanya reaksi oksidasi dan reduksi yang terjadi pada permukaan bahan, sehingga akan terbentuk lapisan logam yang berasal dari garam logam tersebut [3]. Senyawa yang tepat untuk *electrolessplating* yang berfungsi untuk memodifikasi peningkatan kekerasan dan penampilan yaitu dengan pelapisan *electroless* nikel. Nikel merupakan jenis logam yang banyak digunakan dalam bidang

industri pelapisan logam sebagai pelapis dasar[1].Pemilihan nikel dikarenakan lapisannya merata mengikuti kontur permukaan material yang *electroless*, tidak terjadi penambahan tebal dan kekasaran yang rendah pada sudutnya. Lapisan nikel memiliki kekerasan yang tinggi, ketahanan korosi dan keausan yang baik, memiliki sifat penghantar listrik, tahan terhadap abrasi serta memberikan permukaan yang mengkilap[8].

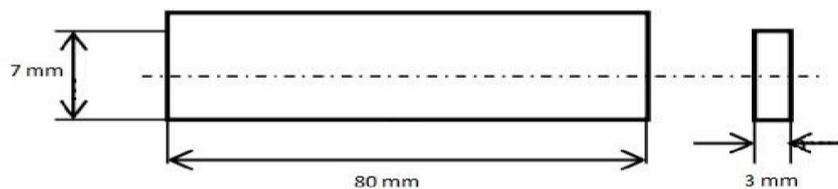
Pada *electroplating*, plastik ABS merupakan jenis plastik yang memiliki tingkat keberhasilan tinggi dibandingkan jenis plastik lainnya [12]. Hal itu dikarenakan permukaan plastik ABS mudah dietsa secara kimiawi, dan mengakibatkan permukaan plastik ABS memiliki daya lekat (*adhesive*) yang tinggi terhadap logam pelapis yang menempel pada permukaan plastik. Temperatur rendaman merupakan faktor penting yang mempengaruhi laju deposisi pelapisan nikel menggunakan metode *electroless*. seiring meningkatnya suhu dan waktu pemanasan akan menyebabkan butiran lapisan Ni-P yang terbentuk semakin seragam. Perlakuan panas juga menyebabkan komposisi nikel dan posfor akan semakin tinggi [7]. Variasi temperatur larutan *electroless* menjadi hal yang perlu diperhatikan. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya dekomposisi *electroless* nikel, yang diakibatkan kurang stabilnya larutan tersebut pada temperatur yang lebih tinggi.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan plastik ABS sebagai benda spesimen dengan ukuran 80 mm x 7 mm x 3 mm.



Gambar 2.1 spesimen plastik ABS



Gambar 2.2 Ukuran spesimen plastik ABS

Tahapan penelitian dibagi menjadi beberapa tahap yaitu tahap preparasi permukaan, tahap metalisasi lalu tahap pengujian spesimen. Tahap preparasi permukaan meliputi soak cleaning, chemical etching dan netralisasi, lalu tahap metalisasi meliputi pre dip, katalisasi palladium, acceleration, *electrolessplating* nikel dan acid dip, sedangkan tahap pengujian spesimen meliputi uji ketebalan, uji kekasaran, uji kekerasan dan uji keausan.

Pada penelitian ini Larutan Soak cleaning yang terbuat dari sodium karbonate (Na_2CO_3) dan trisodium phospat (Na_3PO_4) berfungsi pembersihan permukaan spesimen. Lalu larutan etching yang terbuat dari asam kromat (H_2CrO_4) 300 gr dan asam sulfat (H_2SO_4) 180ml berfungsi membentuk pori-pori untuk meningkatkan daya lekat dan memudahkan terbentuknya lapisan. Kemudian tahap netralisasi menggunakan larutan berupa sodium sulfit (Na_2SO_3) untuk netralisasi untuk menghilangkan sisa-sisa kromium dari proses etching yang masih mengendap pada pori-pori permukaan plastik ABS.

Setelah proses preparasi yaitu proses metalisasi dimulai dengan tahap pre dip yang menggunakan larutan HCl 37% fungsinya yaitu meningkatkan efisiensi reaksi kimia pada tahap katalisasi. Lalu tahap katalisasi palladium yang terbuat dari Palladium ($\text{PdCl}_2/\text{SnCl}_2$) 7ml, Asam khlorida 37% 200ml berfungsi membuat spesimen bersifat katalis dan mudah untuk merekat. Kemudian tahap akselerasi yang terdiri dari larutan *sodium hydrosida* (NaOH), tembaga sulfat (CuSO_4) dan *ethylenediaminetetraacetic acid disodium* (EDTANa_2) berfungsi untuk menghilangkan lapisan timah tipis yang menutupi palladium. Selanjutnya adalah tahap *electrolessplating* nikel yang terdiri dari larutan nikel sulfat (NiSO_4), amonium klorida (NH_4Cl),

sodium hydrogen phosphate (Na₂HPO₄), dan sodium hidroksida (NaOH) dicampur aquades hingga 1 liter berfungsi untuk membuat lapisan nikel pada plastik ABS.

Tabel 2.1 Tahapan *Electrolessplating*

	Tahapan	Temperatur	Waktu	Keterangan
1	<i>Soak Cleaning</i>	70°C	7 Menit	Preparasi Permukaan
2	<i>Rinse</i>	Ruangan	30 Detik	
3	<i>Chemical Etching</i>	60-70°C	30 Menit	
4	<i>Rinse</i>	Ruangan	30 Detik	
5	Netralisasi	Ruangan	1 Menit	
6	<i>Rinse</i>	Ruangan	30 Detik	
7	<i>Pre dip</i>	Ruangan	1 menit	Metalisasi
8	<i>Rinse</i>	Ruangan	30 detik	
9	<i>Katalisasi palladium</i>	Ruangan	6 menit	
10	<i>Rinse</i>	Ruangan	5 detik	
11	<i>Acceleration</i>	Ruangan	5 menit	
12	<i>Rinse</i>	Ruangan	5 detik	
13	<i>Electrolessplating (nikel)</i>	40-70°C	8 menit	
14	<i>Rinse</i>	Ruangan	30 detik	
15	<i>Acid dip</i>	Ruangan	30 detik	
16	<i>Rinse</i>	Ruangan	30 detik	

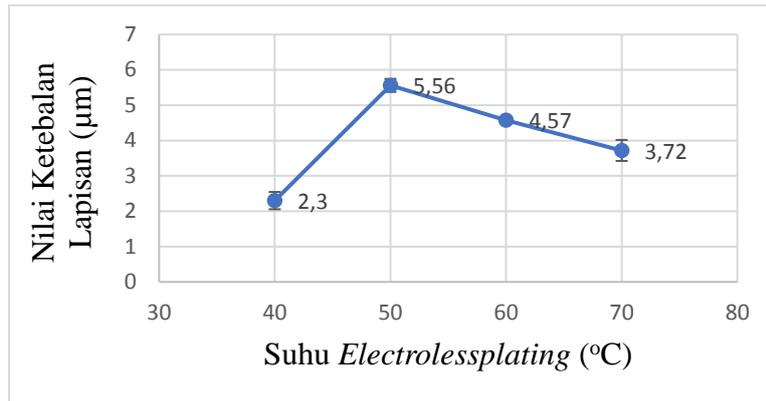
Tahap akhir yaitu pengujian spesimen yang dimulai dari uji ketebalan lapisan meliputi uji mikro dan uji sem. Pengujian struktur mikro ini menggunakan alat uji mikro merk *Olympus BX53M*. Pengujian ini bertujuan untuk melihat struktur mikro ketebalan lapisan nikel pada plastik yang telah *dielectrolessplating*. Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui struktur lapisan dan ketebalan lapisan spesimen dalam skala nano. Alat yang digunakan untuk pengujian yaitu alat uji SEM Hitachi model SU3500. Selanjutnya pengujian kekasaran menggunakan alat roughness tester dilakukan untuk mengetahui tingkat kekasaran dari masing-masing variasi spesimen yang telah dilapisi nikel. Kemudian uji kekerasan menggunakan alat *Shore hardness tester (Durometer)*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan plastik abs dari masing-masing spesimen dengan variasi suhu *electroless* pada proses *electroless* nikel. Tahap uji selanjutnya yaitu uji keausan menggunakan alat uji keausan tipe *Disk On Block* untuk mengetahui nilai keausan spesimen.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 pengujian ketebalan

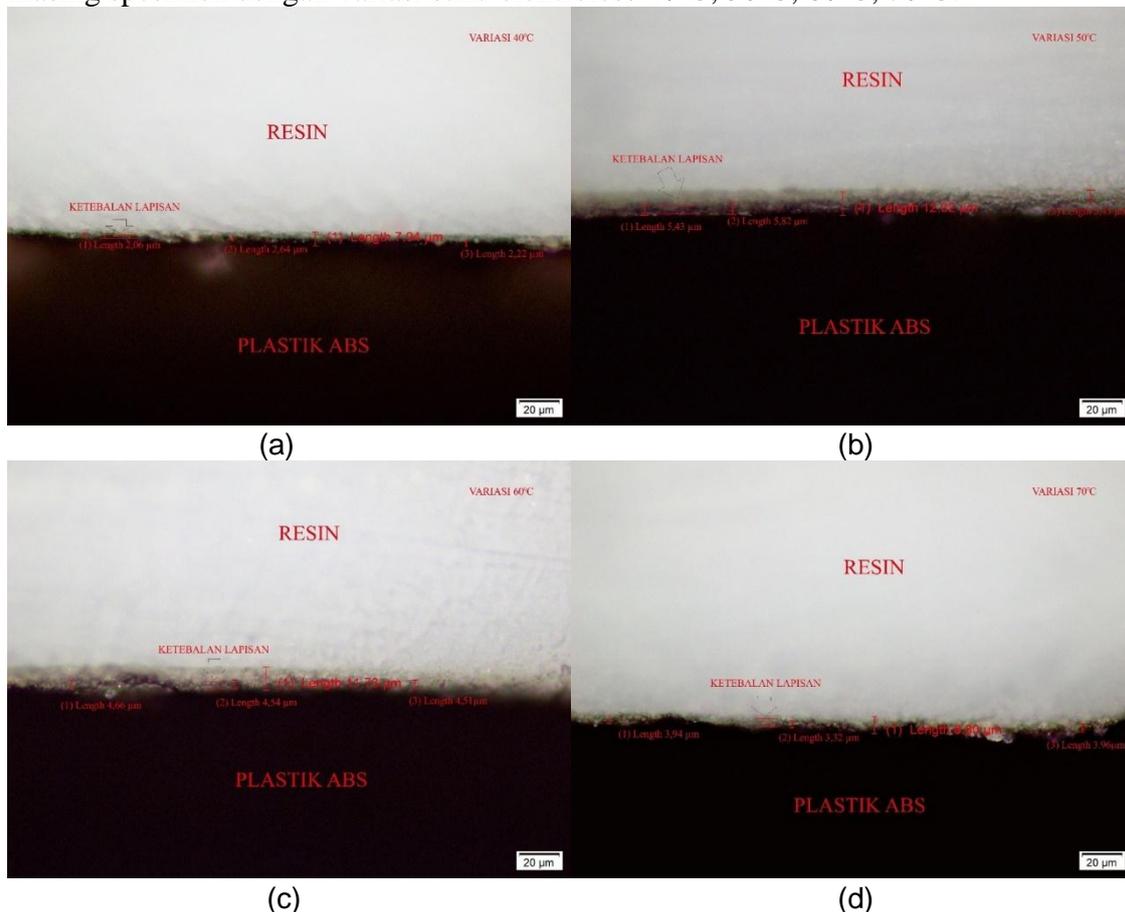
Pada penelitian ini untuk mengetahui ketebalan lapisan pada plastik ABS dilakukan dengan cara uji mikro dan uji SEM. Pada uji mikro pengujian lebih difokuskan pada ketebalan lapisan *electroless* nikel sedangkan pada uji SEM difokuskan untuk mengetahui struktur permukaan lapisan *electroless* nikel pada plastik ABS.

Dari data hasil uji mikro menunjukkan nilai ketebalan lapisan rata-rata tertinggi sebesar 5,56 µm yang didapatkan pada spesimen dengan suhu *electroless* 50°C, sedangkan nilai ketebalan lapisan terendah dari uji mikro didapatkan pada spesimen dengan suhu *electroless* 40°C sebesar 2,23 µm. Berdasarkan grafik hubungan antara nilai ketebalan lapisan dengan suhu *electroless* pada Gambar 3.1 menunjukkan bahwa nilai ketebalan lapisan mengalami kenaikan dan penurunan ketebalan. Pada suhu 50°C nilai ketebalan meningkat namun pada suhu 60 °C dan 70°C nilai ketebalannya menurun.

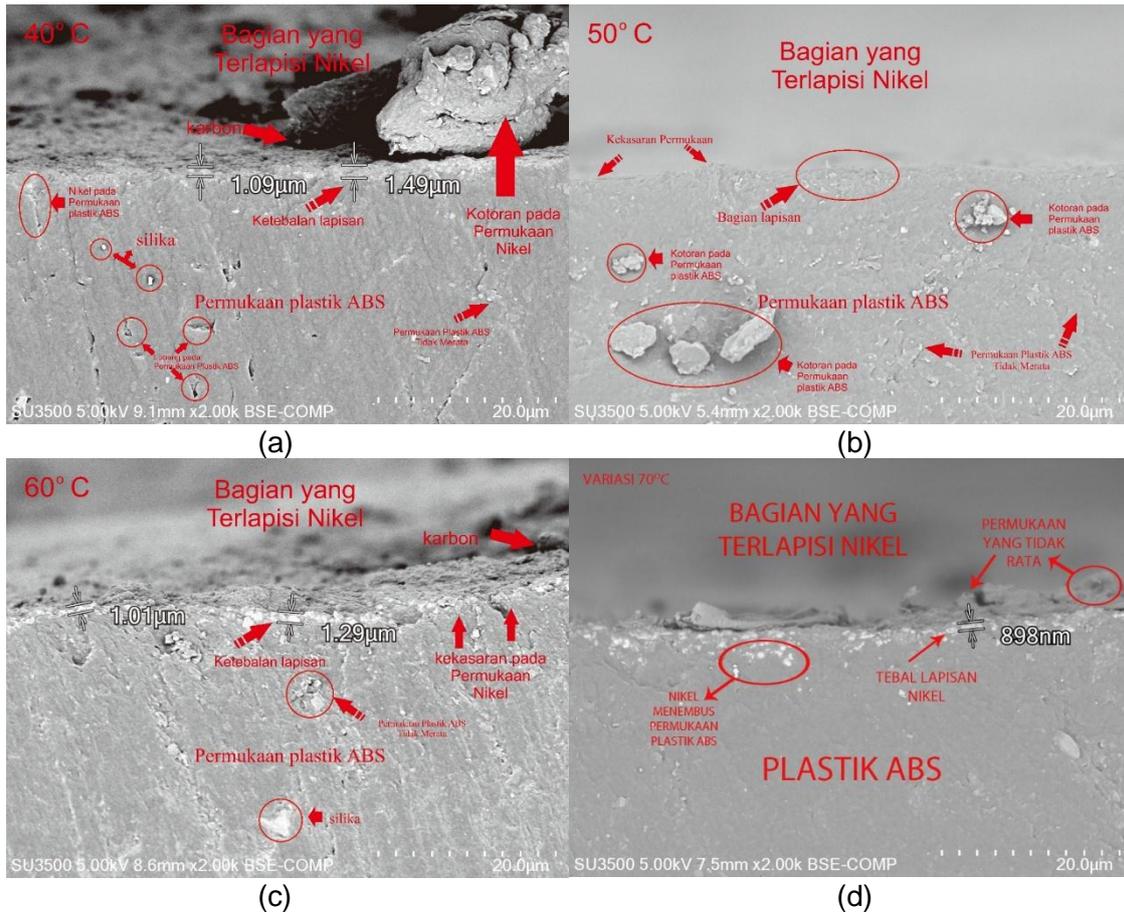


Gambar 3.1 Grafik hubungan antara nilai ketebalan lapisan dengan suhu *electrolessplating nickel*

Pengujian mikro dilakukan untuk mengetahui ketebalan dan rekatan yang terjadi antara plastik abs dengan zat pelapis melalui proses elektroless. Pengujian dilakukan menggunakan mikroskop optik dengan spesimen yang telah di resin dan di aplas. Proses pengujian spesimen menggunakan pembesaran 50 kali dengan skala 20 µm pada masing-masing spesimen dengan variasi suhu elektroless 40°C, 50°C, 60°C, 70°C.



Gambar 3.2 Hasil Uji Mikro pada Temperatur (a) 40°C, (b) 50°C, (c) 60°C, (d) 70°C



Gambar 3.3 Hasil Uji SEM pada Temperatur (a) 40°C, (b) 50°C, (c) 60°C, (d) 70°C

Berdasarkan hasil uji foto SEM yang telah dilakukan pada spesimen dengan variasi suhu elektroless 40°C terlihat perbedaan ketebalan lapisan diberbagai sisi namun selisihnya sangat kecil. Pada Gambar 3.3(a) terlihat silika dan lubang-lubang kecil pada permukaan plastik ABS, hal ini disebabkan oleh proses pengamplasan yang tidak sempurna sehingga menimbulkan permukaan plastik ABS tidak merata dan kotor. Pada bagian lapisan nikel, setelah dilakukan uji SEM diketahui bahwa lapisan yang terbentuk tidak sepenuhnya unsur nikel melainkan terdapat unsur nikel, aluminium dan fosfor. Selanjutnya pada bagian permukaan spesimen yang terlapis nikel terlihat beberapa unsur karbon dan kotoran yang menempel pada permukaan lapisan.

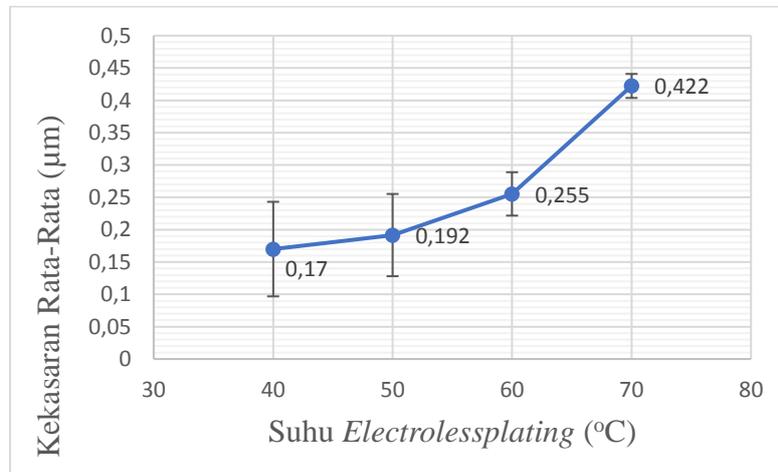
Foto SEM hasil dari uji pada spesimen dengan suhu elektroless 50°C menunjukkan bahwa lapisan nikel yang melapisi plastik ABS sangat tipis, hal ini disebabkan oleh tertutupnya lapisan pelapis akibat menggesernya plastik ABS ke bagian ujung spesimen setelah dilakukan pengamplasan. Pada bagian lapisan ketebalannya tidak begitu jelas terlihat, bagian ujung spesimen tertutup plastik ABS akibat pengamplasan yang tidak sempurna dan nikel pelapis terlihat menjadi acak pada ujung permukaan plastik ABS. Pada gambar 3.3(b) foto hasil uji SEM terlihat beberapa kotoran dan plastik yang menggeser akibat proses pengamplasan. Pada spesimen dengan variasi suhu elektroless 50°C terdapat silika yang tertinggal pada bagian permukaan plastik ABS dan permukaan yang tidak begitu merata terlihat setelah dilakukan uji foto SEM, hal tersebut diakibatkan proses pengamplasan yang kurang halus dan kurang sempurna.

Dari hasil uji SEM yang telah dilakukan pada spesimen dengan variasi suhu 60°C terlihat ketebalan lapisan tidak merata namun nilai ketebalannya tidak berbeda jauh pada masing-masing sisi spesimen. Pada bagian yang terlapis nikel juga terlihat bahwa permukaannya tidak begitu rata, hal ini disebabkan proses etching pada permukaan plastik ABS sehingga membuat kekasaran permukaannya meningkat. Zat pelapis yang melapisi plastik ABS adalah nikel-aluminium-fosfor serta terlihat silika masih tertinggal pada permukaan plastik ABS dikarenakan proses pengamplasan yang tidak sempurna.

Selanjutnya hasil uji SEM yang telah dilakukan diketahui bahwa pada spesimen dengan variasi suhu 70°C ketebalan lapisan pelapis lebih tipis dibandingkan dengan variasi yang lain, hal ini disebabkan pada suhu 70°C zat pelapis yang merupakan nikel-aluminium-fosfor lebih terlihat menyebar pada bagian permukaan plastik ABS. Pada Gambar 3.3(d) terlihat zat pelapis menyebar acak pada permukaan sehingga pada bagian yang terlapis permukaannya menjadi tidak merata dan kasar. Kekasaran pada bagian lapisan disebabkan oleh proses etching yang terjadi. Kekasaran permukaan pada bagian yang terlapis nikel menyebabkan kotoran seperti karbon mudah menempel.

3.2 Pengujian Kekasaran

Pengujian kekasaran dilakukan pada permukaan plastik ABS yang telah dilapisi nikel, pengujian tiap variasi spesimen dilakukan 3 kali pada titik yang berbeda. Hasil pengujian kekasaran dengan rata-rata tertinggi terdapat pada spesimen dengan variasi suhu *electroless* 70°C dan nilai kekasaran sebesar 0,422(µm), sedangkan nilai rata-rata kekasaran terendah sebesar 0,17 (µm). Hasil pengujian spesimen pada tiap variasi tidak terlalu jauh perbedaannya, hal ini menunjukkan bahwa kekasaran permukaan dari masing-masing spesimen hampir sama. Dengan kata lain bahwa kekasaran permukaan cukup merata pada tiap permukaan spesimen.

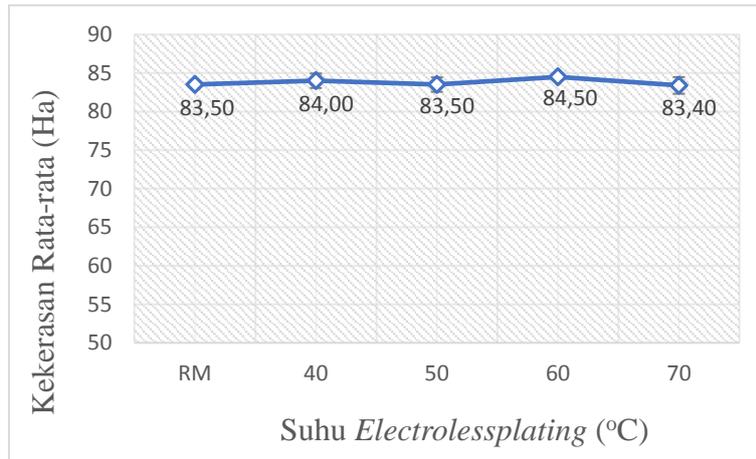


Gambar 3.4 Grafik Hubungan antara nilai kekasaran dengan suhu *electrolessplating nickel*

Berdasarkan grafik nilai kekasaran permukaan dengan variasi suhu *electroless* pada Gambar 3.4 menunjukkan bahwa nilai kekasaran berbanding lurus dengan suhu *electroless*, dimana semakin tinggi suhu *electroless* maka permukaan spesimen semakin kasar. Hal ini sesuai dengan yang dilakukan oleh Basmal, dkk (2012) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa nilai kekasaran lapisan nikel dalam proses *electroplating* meningkat ketika suhu operasional semakin tinggi. Suhu *electroless* memiliki pengaruh terhadap kekasaran, ketika suhu *electroless* meningkat pori-pori permukaan semakin besar dan meningkatkan reaksi kimia pada proses *electroless*. Saat meningkatnya reaksi kimia maka lapisan semakin tebal, hal ini untuk menutupi pori-pori yang semakin besar pada permukaan. Namun, peningkatan ketebalan yang terjadi tidak seimbang dengan meratanya struktur permukaan sehingga terjadi kekasaran permukaan.

3.4 pengujian Kekerasan

Nilai kekerasan plastik ABS yang belum dilapisi nikel (*raw material*) dan setelah dilapisi nikel melalui metode *electroless* dengan variasi suhu *electroless* 40°C, 50°C, 60°C dan 70°C. Nilai kekerasan rata-rata (Ra) tertinggi sebesar 84,50 Ha yang didapatkan pada spesimen dengan variasi suhu *electroless* 60°C. Pengujian kekerasan dilakukan 5 kali pada tiap spesimen dengan 5 titik yang berbeda. Dilihat pada Tabel 4.2 nilai kekerasan terendah yaitu 82 Ha yang didapatkan pada spesimen dengan variasi suhu 50°C dan 70°C, sedangkan harga kekerasan tertinggi sebesar 85 Ha pada spesimen 40 °C.

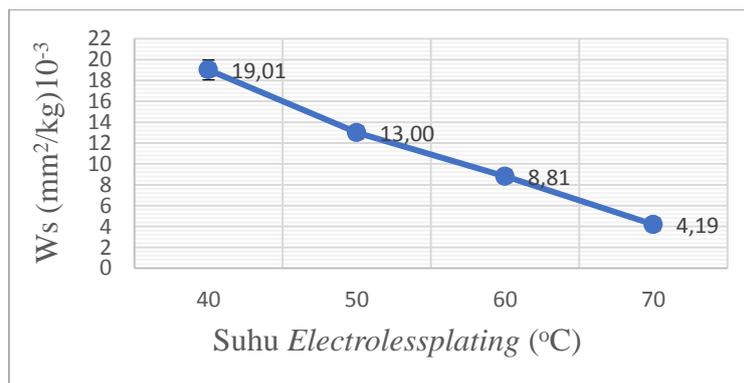


Gambar 3.5 Grafik Hubungan antara nilai kekerasan dengan suhu *electrolessplating nickel*

Berdasarkan grafik pada Gambar 3.5 menunjukkan bahwa secara keseluruhan nilai kekerasan rata-rata (Ra) dapat disimpulkan bahwa pelapisan pada plastik ABS tidak mengalami peningkatan kekerasan. Hal ini dikaitkan ketebalan pelapis yang sangat tipis sehingga apabila diuji menggunakan shore D durometer maka hasil yang akan didapatkan bukan dari kekerasan pelapis melainkan nilai kekerasan dari plastik ABS tersebut. Dengan demikian pada penelitian ini menyimpulkan bahwa suhu *electroless* memiliki korelasi dengan kekerasan permukaan plastik ABS yang telah dilapisi larutan nikel melalui metode *electroless*, namun nilai kekerasan dari pengaruh suhu *electroless* tidak terjadi peningkatan kekerasan.

3.4 Pengujian Keausan

Berdasarkan Tabel 4.3 nilai keausan spesifik tertinggi terjadi pada spesimen dengan variasi suhu *electroless* 40°C dengan nilai keausan spesifik (Ws) sebesar $19,011 \text{ (mm}^2/\text{kg)} \times 10^{-3}$, sedangkan nilai keausan spesifik terendah terjadi pada spesimen dengan suhu 70°C sebesar $4,194 \text{ (mm}^2/\text{kg)} \times 10^{-3}$. Dilihat dari grafik nilai keausan pada Gambar 4.8 menunjukkan bahwa nilai keausan spesifik berbanding terbalik dengan meningkatnya suhu *electrolessplating*. Pada hasil pengujian keausan menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur *electroless* maka menghasilkan ketahanan aus yang lebih baik. Ketahanan aus terbaik ditunjukkan oleh spesimen dengan nilai keausan spesifik terendah.



Gambar 3.6 Grafik Hubungan antara nilai keausan spesifik dengan suhu *electrolessplating nickel*

Pada penelitian ini ketahanan aus memiliki korelasi terhadap kekasaran, dimana semakin tinggi temperatur *electrolessplating* maka nilai ketahanan aus dan nilai kekasaran semakin tinggi atau semakin baik. Hal ini disebabkan semakin kasar permukaan maka gaya koefisien gesek menjadi semakin besar, dengan demikian membuat nilai keausan spesifik menjadi kecil.

Kesimpulan

Berdasarkan data-data yang didapatkan dari hasil penelitian dan analisa yang dilakukan pada spesimen dengan variasi suhu 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, dapat diambil kesimpulan bahwa nilai kekerasan dan keausan meningkat seiring meningkatnya suhu *electroplating* nikel. Ketebalan lapisan pada spesimen meningkat pada suhu elektroless 50°C sedangkan pada suhu elektroless 70°C mengalami penurunan ketebalan lapisan. Nilai ketebalan lapisan rata-rata pada suhu 40°C, 50°C, 60°C, 70°C secara berurutan adalah $\pm 2,30$ (μm), $\pm 5,56$ (μm), $\pm 4,57$ (μm), $\pm 3,72$ (μm). Ketebalan lapisan yang tidak merata disebabkan oleh proses etching yang terjadi selama proses pelapisan. Suhu *electroless* pada proses *electroless* nikel *plating* pada plastik ABS berpengaruh terhadap meningkatnya kekerasan pada permukaan spesimen, namun tidak terlalu signifikan. Dimana nilai kekerasan rata-rata tertinggi setelah pelapisan sebesar 84,5 Ha sedangkan nilai kekerasan rata-rata pada raw material sebesar 83,5 Ha.

Daftar Pustaka

- [1] Andinata, F., & Munasir, K. (2013). Karakteristik Baja Komersial (ST 37) dengan Lapisan Ni-Co Sebagai Alternatif Bahan Anti Korosi Pada Lingkungan Asam. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 2(1), 1-4.
- [2] Basmal, B., dkk. (2012). Pengaruh Suhu dan Waktu Pelapisan Tembaga-Nikel pada Baja Karbon Rendah Secara Elektroplating Terhadap Nilai Ketebalan dan Kekasaran. *Rotasi*, 14(2), 23-28.
- [3] Harper, C. A. (2006). *Handbook Of Plastic Processes*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- [4] Hokkirigawa, K., & Kato, K. (1989). *Theoretical Estimation Of Abrasive Wear Resistance Based On Microscopic Wear Mechanism*. (K. Ludema, Ed.) New York: Wear Of Materials.
- [5] Koswara, A. L. (2006). Teknik Pelapisan Pada Paduan Al-2024 Dengan Metode Electroless Nickel. *Peneliti Balai Besar Bahan dan Barang Teknik No. 20*.
- [6] Mujiarto, I. (2005). Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif. *Traksi*, 3.
- [7] Nurhakim, B., dkk. (2018). Pengaruh Suhu dan Waktu Pemanasan terhadap Karakteristik Lapisan Elektroless Ni-p pada Baja Tahan Karat Martensitik SS 420. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 18(4), 167-172.
- [8] Santhiarsa, N. (2016). Pengaruh Temperatur Larutan dan Waktu Pelapisan Elektroless Terhadap Ketebalan Lapisan Metal di Permukaan Plastik ABS. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Udayana*.
- [9] Santhiarsa, N. I. (2010). Pengaruh Temperatur lapisan dan Waktu pelapisan Elektroless pada Proses Metalisasi Plastik ABS terhadap Kekerasan Lapisan,. *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9* (pp. MIV-22). Palembang: Digital Prosiding SNTTM IX.
- [10] Wahyudi, S. (2012). *Modul Proses Electroplating Chrome Decorative (Nikel-Khrom)*. Bandung: Technic.
- [11] Wang, H, H., dkk. (2018). Effect of Heat Treatment on Properties of Ni-Sn-P Coatings. *Jurnal Surface Engineering Institute Of Materials, Minerals And Mining*, 34(6), 468-474.
- [12] Zohari, A., & Kusmono. (2013). Pengaruh Komposisi Larutan, Variasi Arus dan Waktu Proses Pelapisan Crome pada Plastik ABS Terhadap Sifat Mekanis. *Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada*.