

## **KESAN PERUBAHAN MASA PENYADURAN TANPA ELEKTRIK ALOI NIKEL-FOSFORUS TERHADAP STRUKTUR MIKRO SUBSTRAT DAN ANALISIS KEKUATAN SADURANNYA**

M. N. MOHAMAD IBRAHIM<sup>1</sup>, M. E. IZAT<sup>2</sup>, A. L. GOH<sup>3</sup>, A. TUTI KATRINA<sup>4</sup> & Z. NORHIDAYA<sup>5</sup>

**Abstract.** Objektif utama kajian ini adalah untuk mengkaji kesan perubahan masa penyaduran tanpa elektrik aloi nikel-fosforus terhadap plastik akrilonitril-butadiena-stirena (ABS) yang bergred tidak boleh disadur dengan menggunakan teknik salutan lapisan bawah laker. Permukaan plastik ABS yang tidak dapat disadur diubah secara fizikal dengan menyalut satu lapisan nipis polimer untuk membentuk permukaan yang dapat disaduri logam. Kaedah ini menggunakan poliuretana sebagai lapisan bawah laker ke atas substrat sebelum dilakukan proses pra-rawatan seperti punaran sederhana, peneutralan, pengaktifan, pemecutan dan penyaduran ke atas substrat tersebut. Salutan poliuretana perlu dirawat pada suhu bilik selama 8 jam dan di dalam ketuhar pada 70°C selama 4 hari sebelum dijalankan langkah-langkah pra-rawatan. Substrat yang berjaya disadur kemudiannya dikaji permukaan mikronya, ketebalan logam nikel yang terenap pada masa penyaduran yang berbeza, struktur kekisi hablurnya dan juga kekuatan lekatan saduran nikel. Keputusan menunjukkan bahawa lebih lama masa penyaduran, lebih banyak logam nikel dan fosforus (> 90%) yang terenap dan lebih sempurna proses penyaduran permukaan substrat. Ketebalan logam yang direkodkan adalah antara 0.6289 µm dan 4.4010 µm. Struktur kekisi bagi aloi nikel-fosforus yang terbentuk didapati berbentuk hablur bagi semua masa penyaduran yang dikaji. Manakala bagi analisis kekuatan lekatan saduran nikel, didapati bahawa kekuatan lekatan saduran nikel bergantung kepada masa rendaman substrat di dalam larutan punaran. Kekuatan lekatan yang paling tinggi (0.3273 psi) terhasil bagi substrat yang direndam di dalam larutan punaran selama 5 minit.

**Kata kunci:** Penyaduran nikel tanpa elektrik, ABS gred tidak boleh disadur, teknik salutan lapisan bawah laker, masa penyaduran, permukaan mikro, kekuatan lekatan saduran

**Abstrak.** The main objective of this study is to investigate the effect of variation in plating time of nickel-phosphorus alloy which was plated electrolessly onto a non-platable grade acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS) substrate using undercoating layer technique. The surface of the non-platable grade ABS plastic was physically modified by applying a thin layer of polymer to form a surface that is suitable for metallization. This method used polyurethane polymer as the undercoat layer which was applied onto the substrate before pretreatment processes such as mild etching, neutralization, activation and acceleration were done on the substrate. The undercoat polyurethane was treated at room temperature for 8 hours followed by treatment in an oven at 70°C for 4 days before it had undergone pre-treatment steps. The plated substrates were then tested for their properties such as microstructure, thickness of the plated nickel at different deposition times, lattice structure formed from this metallization method and the adhesion strength of the nickel coating.

<sup>1,2,3,4&5</sup> Pusat Pengajian Sains Kimia, Universiti Sains Malaysia, 11800 USM, Pulau Pinang, Malaysia

The results showed that the longer the metallization process, the greater the amount of nickel and phosphorus (> 90%) deposited and the more complete the plating process is. The thickness of the nickel plating was found to be between 0.6289 and 4.4010  $\mu\text{m}$ . The lattice structure of the nickel-phosphorus formed in all deposition times studied was found to be crystalline. The analysis of the pull-off strength test showed that the adhesion strength of the nickel coating depends on the immersion time of the substrate into the etching solution. The highest pull-off strength test value (0.3273 psi) was achieved for the sample was immersed in the etching solution for 5 minutes.

*Keywords:* Electroless nickel plating, non-platable grade ABS, undercoat layer technique, deposition time, microstructure, coating adhesion strength

## 1.0 PENGENALAN

Penyaduran logam ke atas plastik telah mendapat sambutan dan perhatian yang luas kebelakangan ini disebabkan aplikasinya yang pelbagai. Salah satu kebaikan proses penyaduran logam tanpa elektrik ke atas plastik adalah penjimatan berat logam lebih kurang 60% berbanding dengan penggunaan logam sepenuhnya. Penyaduran tanpa elektrik dapat menyadur permukaan dalaman paip, injap dan bahagian sambungan yang lain yang diperbuat daripada polivinil klorida (PVC). Selain itu, penyaduran tanpa elektrik dapat menyadur bahan-bahan lain seperti plastik, logam, kaca dan seramik untuk kegunaan tertentu [1]. Penyaduran nikel tanpa elektrik melibatkan beberapa langkah iaitu proses punaran, penutralan, pengaktifan, pemecutan dan seterusnya penyaduran. Proses punaran dilakukan untuk mengoksidakan dan menjadikan permukaan substrat kasar untuk menambahkan daya lekatan logam pada plastik. Langkah penutralan pula dijalankan untuk mengeluarkan oksida yang terbentuk semasa proses punaran dengan merendamkan substrat dalam larutan berbes. Selepas itu, substrat akan melalui proses pengaktifan untuk menghasilkan satu permukaan bermangkin pada permukaan substrat untuk membolehkan pemendapan logam nikel berlaku. Substrat kemudiannya akan menjalani proses pemecutan untuk mengeluarkan ion stanum yang berlebihan daripada permukaan substrat. Ion stanum yang berlebihan akan mengganggu proses penganapan logam nikel semasa proses penyaduran. Akhir sekali, proses penyaduran dijalankan untuk menghasilkan satu lapisan nipis logam pada permukaan substrat.

Substrat yang disadur dengan kaedah penyaduran tanpa elektrik nikel mempunyai keistimewaan seperti ketahanan terhadap kakisan yang baik, penganapan logam yang seragam, kurang berliang dan kekuatan penganapan logam yang baik. Sifat-sifat sedemikian menyebabkan penyaduran tanpa elektrik mendapat sambutan [1]. Banyak lapisan nipis polimer, gentian dan juga plastik disadur dengan logam dalam industri pembungkusan makanan, mikroelektronik, teknologi komputer dan juga industri automobil. Banyak percubaan telah dilakukan ke atas substrat yang lain, bagaimanapun hanya plastik akrilonitril-butadiena-stirena terpolimer atau dikenali sebagai ABS mempunyai kesesuaian yang tinggi dalam proses penyaduran logam ke atas plastik [2, 3]. ABS ialah sejenis polimer termoplastik yang legap. ABS mengandungi dua jenis kopolimer dan merupakan salah satu jenis plastik yang

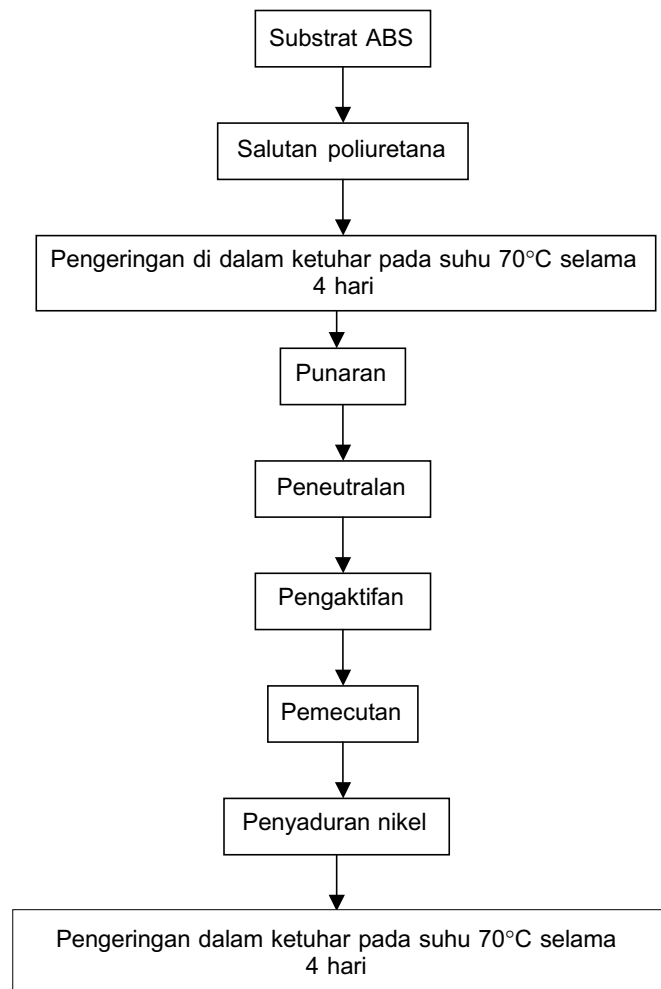
paling banyak digunakan dalam kehidupan seharian kita. Antara faktor yang mempengaruhi sifat-sifat fizikal saduran logam ialah masa penyaduran dan rawatan haba [1]. Oleh itu, dalam kajian ini kedua-dua faktor tersebut akan dikaji dan ujian-ujian ke atas sifat fizikal juga telah dijalankan. Bagaimanapun, substrat yang digunakan dalam kajian ini ialah substrat ABS yang bergred tidak boleh disadur.

ABS terdiri daripada tiga jenis monomer iaitu akrilonitril, butadiena dan stirena. Kebolehan plastik ABS untuk menjalani proses penyaduran adalah bergantung kepada taburan butadienanya. Taburan butadiena yang tidak seragam menjadikan plastik ABS tidak dapat disadur dengan sempurna [4]. Keadaan ini menyebabkan plastik ABS tersebut dikategorikan kepada gred tidak boleh disadur. Oleh sebab substrat ABS yang digunakan bukan daripada gred yang boleh disadur, maka kaedah penyaduran konvensional tidak dapat digunakan [5].

Modifikasi permukaan substrat telah dilakukan terlebih dahulu dengan merawat substrat iaitu dengan menambahkan satu lapisan bawah laker (*undercoat*) poliuretana pada permukaan substrat. Substrat yang berjaya disadur pada masa penyaduran yang berlainan akan menjalani analisis mikroskopi imbasan elektron (SEM) dan analisis penyerakan tenaga sinaran-X (EDX) untuk mengetahui keadaan fizikalnya dengan lebih mendalam. Selain itu, ujian kekuatan lekatan saduran nikel pada permukaan substrat juga dilakukan untuk menentukan kesan masa punaran terhadap aloi nikel-fosforus yang terhasil.

## 2.0 BAHAN DAN KAEDAH

Ringkasan prosedur penyaduran nikel tanpa elektrik ke atas plastik ABS dengan modifikasi permukaan substrat (salutan poliuretana) ditunjukkan dalam Rajah 1. Polietilena glikol divinil eter atau polioliol bergred analitikal dan difenilmetana-4, 4'-diisosiyanat (MDI) digunakan untuk menyediakan larutan salutan polimer [6]. Nisbah polioliol dan MDI ialah 1:1 dan isipadu yang dicadangkan ialah masing-masing 25 mL. Proses menyaluti substrat ABS dengan lapisan polimer perlu dilakukan dengan teliti dan berhati-hati untuk memperoleh salutan yang memuaskan. Salutan polimer yang baik merupakan salah satu faktor yang penting untuk memastikan saduran logam yang sempurna dihasilkan. Plastik ABS yang telah bersih dan kering yang bersaiz 25 mm × 55 mm × 2 mm dicelup ke dalam larutan polimer sehingga polimer tersebut menyaluti substrat pada ketinggian lebih kurang 40 mm plastik ABS tersebut. Proses pencelupan tersebut dilakukan selama 16 saat untuk memastikan tiada gelembung udara yang wujud pada permukaan yang telah disalut dengan polimer. Sampel kemudiannya digantung secara menegak untuk menyingkirkan lebihan polimer. Lebihan polimer yang masih tertinggal pada bahagian bawah sampel dilap dengan kertas tisu secara perlahan-lahan dan berhati-hati. Sampel yang telah disalut dengan polimer dibiarkan kering pada suhu bilik selama 8 jam. Sampel kemudiannya dimasukkan ke dalam ketuhar pada suhu 70°C selama 4 hari sebelum dilakukan



**Rajah 1** Proses penyaduran nikel tanpa elektrik ke atas plastik ABS dengan modifikasi permukaan substrat (Salutan poliuretana)

langkah punaran, peneutralan, pengaktifan, pemecutan dan seterusnya penyaduran nikel.

Larutan pra-rawatan seperti larutan punaran, larutan peneutralan, larutan pengaktifan, larutan pemecutan dan larutan penyaduran nikel tanpa elektrik disediakan seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 1. Bahan-bahan kimia yang digunakan adalah bergred analitikal dan rendaman nikel komersial serta bahan tambah komersial dibekalkan oleh Syarikat Enthone OMI (M) Sdn. Bhd. Manakala bagi ujian kekuatan lekatan saduran nikel pula, parameter masa rendaman di dalam larutan punaran dan rendaman tanpa elektrik nikel diubah-ubah seperti yang diringkaskan dalam Jadual 2. Hal ini dilakukan untuk mengkaji kesan masa rendaman

**Jadual 1** Bahan kimia bagi setiap langkah penyaduran terhadap plastik dengan kaedah konvensional [7]

Langkah	Bahan kimia	Suhu, °C	Masa
1. Punaran	HNO <sub>3</sub> (65%; 8.6 mL), KMnO <sub>4</sub> (2.685 g), agen pembasah komersial (2.5 mL)	58 - 62°C	3 minit
2. Peneutralan	NaOH (12.5 g), N <sub>2</sub> H <sub>2</sub> .H <sub>2</sub> O (12.5 mL), Na <sub>2</sub> C <sub>4</sub> O <sub>6</sub> .2H <sub>2</sub> O (35 g)	Suhu bilik	30 saat
3. Pengaktifan	PdCl <sub>2</sub> (0.40 g), SnCl <sub>2</sub> (0.85 g), Na <sub>2</sub> SnO <sub>3</sub> .3H <sub>2</sub> O (2.48g), HCl (106 mL)	Suhu bilik	5 minit
4. Pemecutan	HCl (~150 mL)	Suhu bilik	2 minit
5. Penyaduran nikel	Ni-881A (23 mL), Ni-881B (32 mL) - Larutan komersial yang dibekalkan oleh Syarikat Enthone OMI Sdn. Bhd.	58 - 60°C	5 - 45 minit (Bergantung kepada masa yang dikaji)

**Jadual 2** Senarai parameter bagi substrat yang menjalani ujian kekuatan lekatan saduran nikel

Bil.	Punaran	Penyaduran
1	58 - 62°C, selama 1 minit	58 - 60°C, pH 7- 8 selama 5 minit
2	58 - 62°C, selama 3 minit	58 - 60°C, pH 7- 8 selama 5 minit
3	58 - 62°C, selama 5 minit	58 - 60°C, pH 7- 8 selama 5 minit
4	58 - 62°C, selama 10 minit	58 - 60°C, pH 7- 8 selama 5 minit

yang berbeza di dalam larutan punaran dan larutan tanpa elektrik nikel terhadap kualiti penyaduran yang terhasil.

Tiga jenis ujian telah dijalankan untuk mengkaji keadaan fizikal sampel yang berjaya disadur dengan aloi nikel-fosforus pada masa penyaduran berlainan. Analisis mikroskopi imbasan elektron (SEM) dan analisis penyerakan tenaga sinaran-X (EDX) dilakukan untuk mengkaji permukaan mikro substrat yang telah disadur serta kandungan permukaan logam yang terenal. Pemerhatian ketebalan logam terenal juga dilakukan dengan menggunakan SEM.

Ujian kekuatan lekatan saduran nikel pula dijalankan untuk mengkaji kesan masa punaran terhadap saduran aloi nikel-fosforus yang terhasil. Analisis kekuatan lekatan saduran nikel pada permukaan plastik ABS dilakukan dengan menggunakan alat penguji lekatan mudah alih, *PosiTest Pull-Off Adhesion Tester* model 3500 seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2 dan mengikut spesifikasi ASTM Section D 4541-95.



**Rajah 2** Penguji lekatan mudah alih *PosiTest Pull-Off Adhesion Tester*



**Rajah 3** Butang (*dolly*) yang digunakan dalam analisis kekuatan lekatan saduran nikel

Secara umumnya sejenis butang (*dolly*) seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3 perlu digamkan ke atas permukaan sampel terlebih dahulu sebelum analisis kekuatan lekatan saduran nikel dapat dijalankan. Gam yang digunakan untuk melekatkan butang berkenaan adalah campuran resin poliamida dan dimetilena propilena triamina dalam nisbah 1:1. Penguji lekatan mudah alih ini kemudiannya digunakan untuk menanggalkan butang tersebut daripada permukaan sampel. Bacaan kekuatan

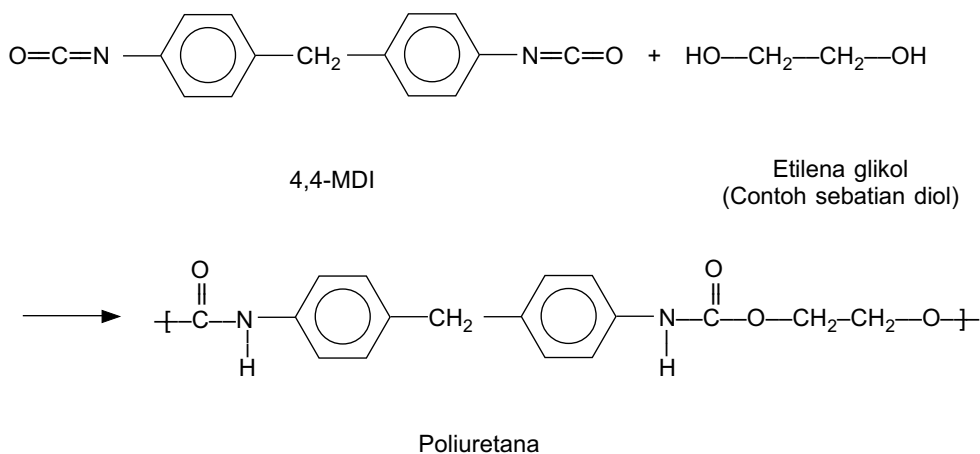
lekatan saduran nikel diambil apabila butang tersebut tertanggal daripada permukaan sampel yang diuji dan saduran nikel pada permukaan sampel ABS juga turut tertanggal mengikut permukaan bawah butang ini [8].

### 3.0 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

#### 3.1 Penyaduran Aloi Nikel-Fosforus ke atas Substrat Bergred Tidak Boleh Disadur

Teknik salutan lapisan bawah laker (*undercoat layer*) dengan polimer poliuretana telah digunakan untuk menyadur substrat yang tidak boleh disadur. Rajah 4 menunjukkan tindak balas antara polioliol dan MDI untuk penghasilan poliuretana. Polioliol yang mempunyai lebih elektron pada atom oksigen akan bertindak balas dengan atom karbon dari kumpulan isosianat. Keadaan ini mengakibatkan terbentuknya ikatan antara kumpulan isosianat dengan polioliol untuk menghasilkan uretana. Uretana yang mempunyai struktur dimer ini mempunyai kumpulan alkohol dan isosianat pada kedua-dua hujung molekulnya. Kedua-dua kumpulan ini akan bertindak balas sama ada dengan isosianat atau diol untuk menghasilkan trimer. Selain itu, kumpulan ini juga boleh bertindak balas dengan dimer lain, trimer atau oligomer. Monomer dan oligomer ini akan terus bertindak balas sehingga molekul poliuretana diperoleh [10].

Substrat yang dimodifikasi permukaannya terlebih dahulu dengan lapisan bawah laker poliuretana dapat disadur dengan sempurna serta bersinar. Jadual 3 menunjukkan pemerhatian dengan mata kasar terhadap kualiti penyaduran pada masa rendaman yang berlainan.



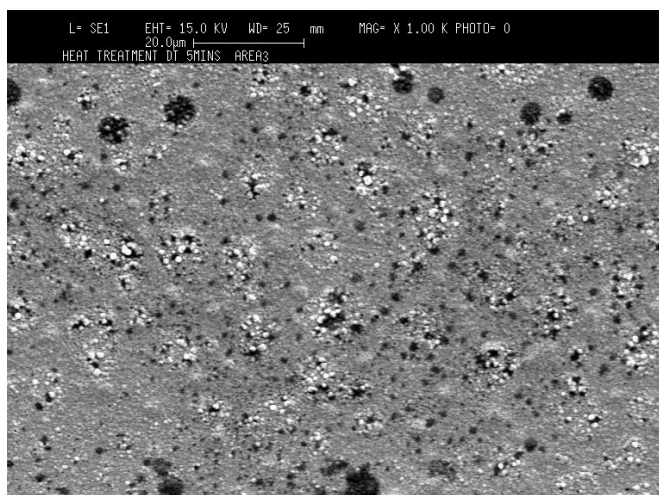
**Rajah 4** Tindak balas antara polioliol dan MDI untuk penghasilan poliuretana [9]

**Jadual 3** Kesan masa penyaduran nikel tanpa elektrik terhadap kualiti penyaduran

Sampel	Masa penyaduran (minit)	Pemerhatian terhadap kualiti penyaduran
1	5	Penyaduran kelihatan licin, rata dan lengkap. Tiada kelihatan kawasan yang tidak tersadur ( <i>skip plating</i> ).
2	15	
3	30	
4	45	

### 3.2 Analisis Permukaan Mikro Substrat dengan SEM/EDX

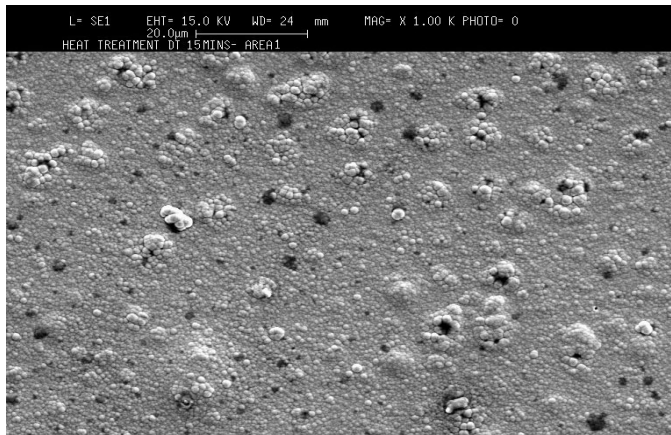
Morfologi bagi substrat dengan masa penyaduran yang berlainan ditunjukkan pada Rajah 5 - Rajah 8. Didapati hasil penyaduran pada masa penyaduran 5 minit (Rajah 5) dan 15 minit (Rajah 6) menunjukkan terdapat kawasan bertompok hitam yang menandakan kawasan yang tidak tersadur (*skip plating*). Hal ini kerana masa penyaduran yang singkat tidak membenarkan logam nikel terenap dengan sempurna pada semua permukaan walaupun secara mata kasar didapati semua permukaan tersadur dengan lengkap. Diperhatikan bahawa penyaduran dengan masa penyaduran 30 minit (Rajah 7) dan 45 minit (Rajah 8) memberikan enapan nikel yang lengkap pada permukaan substrat dan tiada kawasan yang tidak tersadur dikesan. Seperti yang dijangkakan, keputusan EDX mendapati bahawa peratusan kandungan logam nikel dan fosforus yang terenap pada permukaan substrat dengan masa penyaduran 30 minit dan 45 minit lebih tinggi (> 90%) berbanding dengan peratusan kandungan logam nikel yang terenap pada permukaan substrat dengan

**Keputusan EDX**

Unsur	Peratus
C	8.22
O	5.85
P	5.09
Ni	80.84

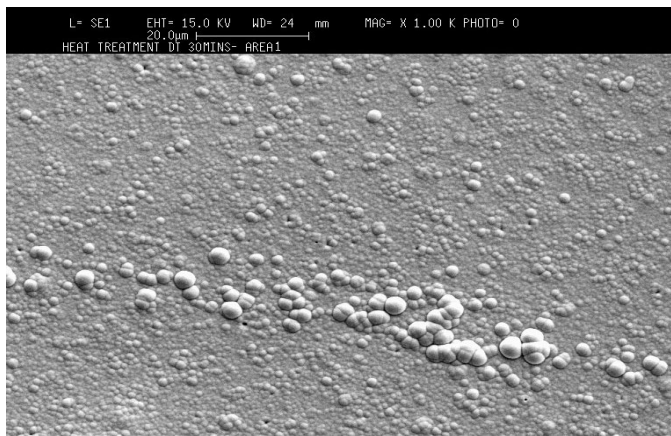
**Rajah 5** Morfologi permukaan hasil bagi masa penyaduran 5 minit di bawah pembesaran 1000x





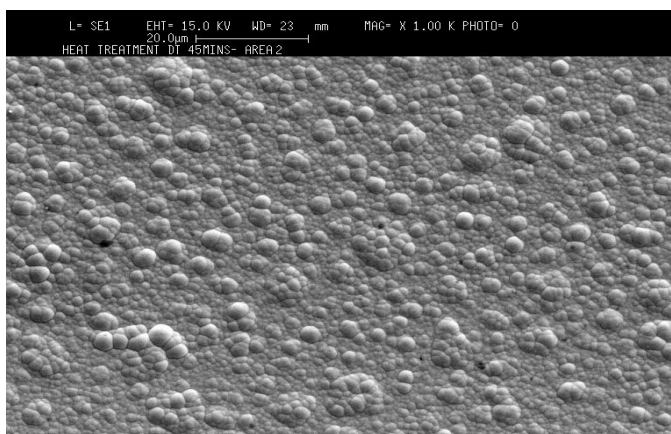
Keputusan EDX	
Unsur	Peratus
C	6.24
O	5.38
P	4.45
Ni	83.93

**Rajah 6** Morfologi permukaan hasil bagi masa penyaduran 15 minit di bawah pembesaran 1000x



Keputusan EDX	
Unsur	Peratus
C	3.73
O	4.07
P	5.00
Ni	87.19

**Rajah 7** Morfologi permukaan hasil bagi masa penyaduran 30 minit di bawah pembesaran 1000x



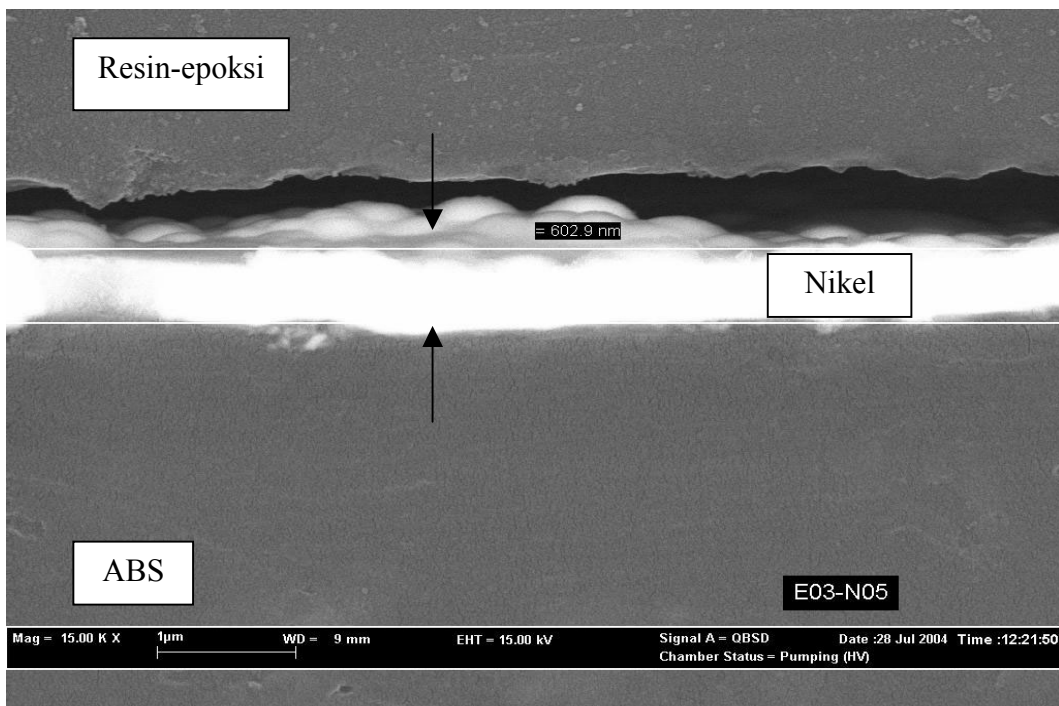
Keputusan EDX	
Unsur	Peratus
C	4.77
O	4.11
P	5.30
Ni	85.83

**Rajah 8** Morfologi permukaan hasil bagi masa penyaduran 45 minit di bawah pembesaran 1000x

masa penyaduran 5 minit dan 15 minit. Diperhatikan bahawa peratusan kandungan logam nikel yang terenap pada permukaan substrat dengan masa penyaduran 30 minit adalah lebih tinggi berbanding dengan masa penyaduran selama 45 minit. Penurunan kadar enapan logam nikel disebabkan oleh perubahan dua parameter di dalam rendaman penyaduran iaitu nilai pH dan kepekatan garam nikel. Pada keadaan ini (masa penyaduran selama 30 minit), kadar enapan adalah paling tinggi. Hal ini disebabkan ion hidrogen terkumpul dengan pantas (di dalam larutan nikel) seiring dengan kepenggunaan ion nikel dalam larutan rendaman tersebut [11].

### 3.3 Penentuan Ketebalan Aloi Nikel-Fosforus yang Terenap

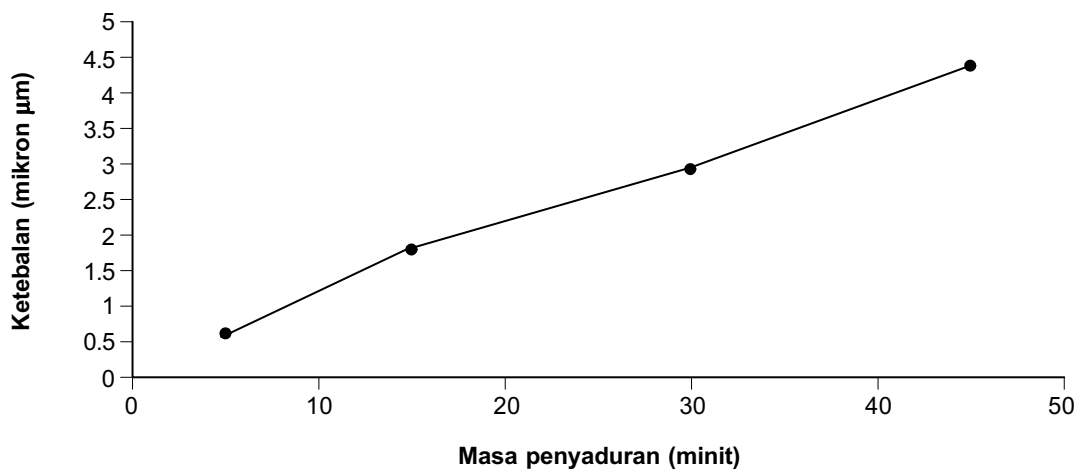
Rajah 9 menunjukkan mikrograf ketebalan aloi nikel-fosforus diukur dengan kaedah SEM. Daripada data SEM seperti yang diringkaskan dalam Jadual 4, didapati ketebalan aloi nikel-fosforus yang terenap meningkat apabila masa penyaduran meningkat. Ketebalan logam nikel yang terenap pada substrat adalah berkadar langsung dengan masa penyaduran seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 10. Pemerhatian ini selari dengan keputusan sebelum ini bahawa permukaan mikro substrat menunjukkan penyaduran yang lebih sempurna apabila masa penyaduran dipanjangkan.



**Rajah 9** Contoh mikrograf SEM yang menunjukkan ketebalan lapisan saduran nikel yang dilihat di bawah pembesaran 15000x

**Jadual 4** Bacaan ketebalan logam nikel yang terendap bagi masa penyaduran yang berlainan

Sampel	Bacaan 1 ( $\mu\text{m}$ )	Bacaan 2 ( $\mu\text{m}$ )	Bacaan 3 ( $\mu\text{m}$ )	Purata ( $\mu\text{m}$ )
Masa penyaduran 5 minit	0.6674	0.5526	0.6668	$0.6289 \pm 0.0661$
Masa penyaduran 15 minit	2.1660	1.4510	1.8040	$1.8070 \pm 0.3575$
Masa penyaduran 30 minit	2.6050	3.1850	3.0690	$2.9530 \pm 0.3069$
Masa penyaduran 45 minit	4.4680	4.0690	4.6660	$4.4010 \pm 0.3041$

**Rajah 10** Graf ketebalan logam nikel melawan masa penyaduran

### 3.4 Analisis Kekuatan Lekatan Saduran Nikel

Keputusan analisis kekuatan lekatan mendapati bahawa masa rendaman yang berbeza di dalam larutan punaran memberikan kesan kepada kekuatan lekatan saduran nikel pada permukaan sampel plastik ABS, seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 5, apabila masa rendaman di dalam larutan punaran bertambah dari 1 hingga 10 minit manakala masa rendaman di dalam larutan tanpa elektrik nikel (masa penyaduran) ditetapkan pada 5 minit, didapati bahawa sampel yang direndam di dalam larutan punaran selama 5 minit (Sampel 3) memberikan nilai kekuatan lekatan yang paling tinggi.

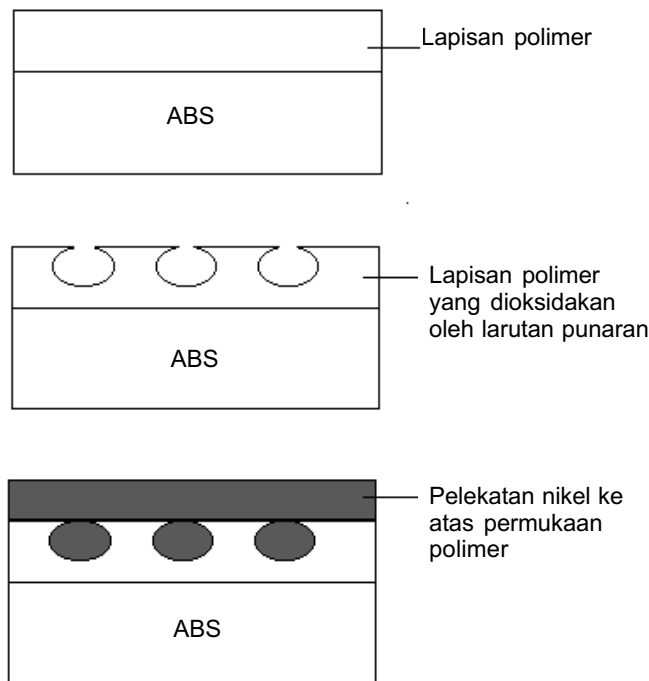
Kekuatan lekatan saduran nikel pada permukaan plastik ABS didapati mempunyai hubungkait dengan kesan sauh (*anchor effect*) yang dihasilkan oleh larutan punaran yang bertindak dengan mengoksidakan lapisan polimer pada sampel dan seterusnya menghasilkan permukaan yang kasar [12]. Permukaan yang kasar inilah yang

**Jadual 5** Kesan masa rendaman yang berbeza di dalam larutan punaran terhadap kekuatan lekatan saduran nikel pada permukaan sampel plastik ABS

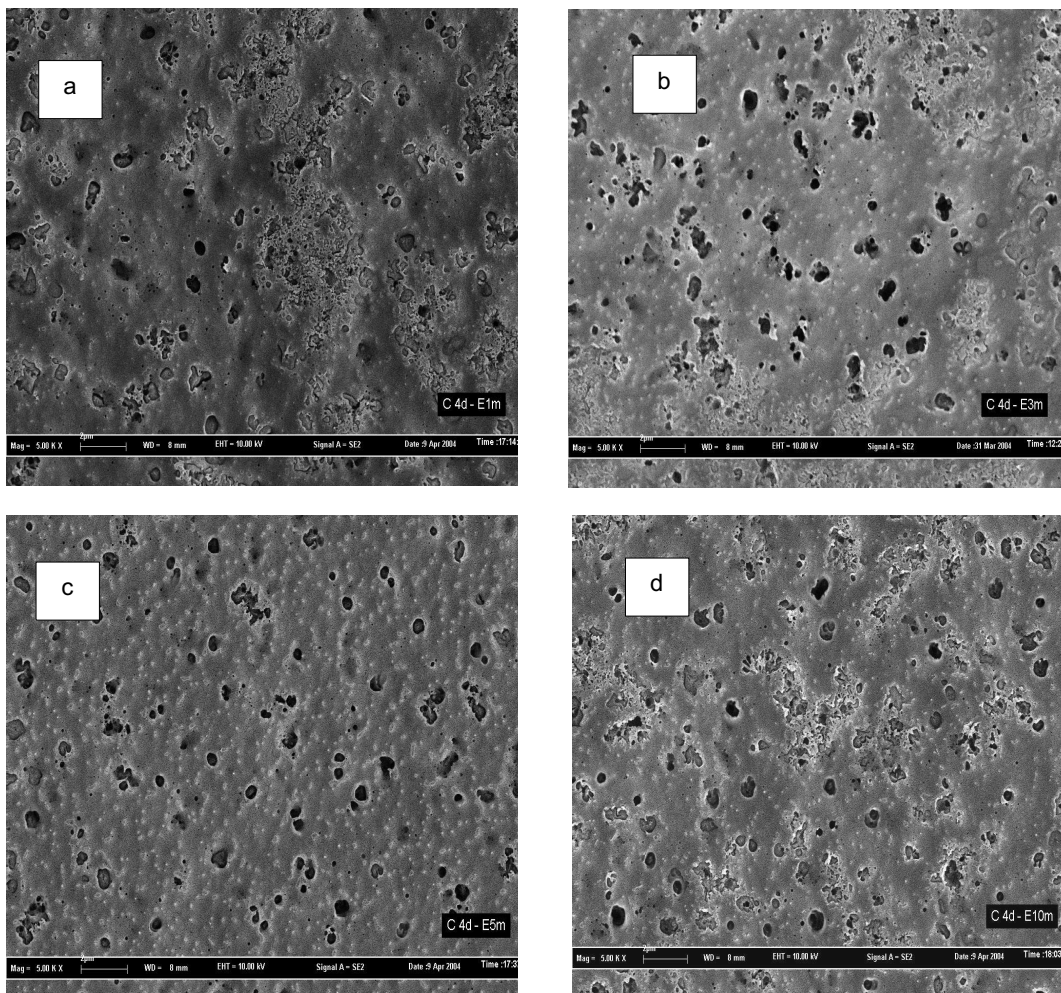
Sampel	Masa rendaman di dalam larutan punaran (minit)	Masa rendaman di dalam larutan tanpa elektrik nikel (minit)	Purata bacaan kekuatan lekatan (MPa)
1	1	5	0.1900 ± 0.2012
2	3	5	0.1938 ± 0.2162
3	5	5	0.3273 ± 0.4239
4	10	5	0.2000 ± 0.1414

menyediakan medium bagi pelekatan logam ke atas sampel plastik. Mekanisme kesan sauh (*anchor effect*) ini diringkaskan seperti dalam Rajah 11.

Keputusan ini dapat dibuktikan berdasarkan imej SEM pada Rajah 12. Daripada Rajah 12 (c), didapati bahawa sampel yang direndam di dalam larutan punaran selama 5 minit mampu menghasilkan lubang yang agak besar dan seragam berbanding dengan sampel-sampel yang lain. Faktor ini menyebabkan lapisan saduran nikel tersadur dengan lebih seragam pada permukaan plastik ABS dan seterusnya

**Rajah 11** Mekanisme kesan sauh (*anchor effect*) yang disebabkan oleh larutan punaran [13, 14]

menambahkan kekuatan lekatan sadurannya. Rajah 12 (a) dan 12 (b) menunjukkan bahawa terdapat banyak rekahan pada permukaan polimer. Namun begitu, masih juga terbentuk lubang pada permukaan polimer walaupun lubang tersebut tidak sekata dan mempunyai kuantiti yang sedikit. Oleh sebab itu, kesan sauh (*anchor effect*) tidak dapat dioptimumkan dan menyebabkan kekuatan lekatan bagi Sampel 1 dan Sampel 2 adalah rendah berbanding dengan Sampel 3. Rajah 12 (d) pula menunjukkan bahawa lubang yang terhasil telah bercantum-cantum. Keadaan ini menggambarkan bahawa kebanyakan lapisan polimer mungkin telah dimusnahkan oleh larutan punaran. Masih juga terdapat bahagian pada permukaan polimer yang menghasilkan lubang yang agak baik. Keadaan ini menyebabkan Sampel 4 ini mampu memberikan kekuatan lekatan yang agak baik walaupun tidak sebaik Sampel 3.



**Rajah 12** Mikrograf SEM di bawah pembesaran 5000x pada masa punaran (a) 1 minit, (b) 3 minit, (c) 5 minit dan (d) 10 minit

#### 4.0 KESIMPULAN

Kaedah lapisan bawah laker yang diperkenal didapati dapat menyadur plastik ABS yang bergred tidak boleh disadur dengan sempurna. Daripada kajian mikrostruktur yang telah dijalankan, didapati substrat dengan masa penyaduran yang lebih lama akan memberi penyaduran logam yang lebih baik. Ketebalan logam penyaduran yang terenap adalah berkadar langsung dengan masa penyaduran. Pertambahan ketebalan juga menandakan pertambahan dalam jisim logam penyaduran nikel yang terenap. Kekuatan lekatan saduran nikel pada permukaan plastik ABS adalah bergantung kepada masa rendaman di dalam larutan punaran dan mempunyai hubungkait dengan kesan sauh. Masa rendaman di dalam larutan punaran selama 5 minit didapati mampu menghasilkan kesan sauh yang baik dan seterusnya menambahkan kekuatan lekatan saduran nikel pada permukaan sampel ABS.

#### PENGHARGAAN

Penulis ingin mengucapkan jutaan terima kasih kepada Universiti Sains Malaysia kerana memberi sokongan kewangan terhadap penyelidikan ini melalui Geran Penyelidikan Jangka Pendek 304/PKIMIA/636045 dan juga kepada Syarikat Enthone OMI (M) Sdn. Bhd. yang membekalkan rendaman nikel komersial bagi kajian ini.

#### RUJUKAN

- [1] Ashassi-Sorkhabi, H. dan S. H. Rafizadeh. 2004. Effect of Coating Time and Heat Treatment on Structures and Corrosion Characteristics of Electroless Ni-P Alloy Deposits. *Surface and Coating Technol.* 176: 318-326.
- [2] Domenech, S. C, E. Lima, Jr., V. Dragoc, J. C. De Lima, N. G. Borges, Jr., A. O. V. Avila, dan V. Soldi. 2003. Electroless Plating of Nickel-phosphorus on Surface-Modified poly(ethylene terephthalate) Films. *Appl. Surface Sci.* 220: 238-250.
- [3] Krulik, G. A. 1978. Electroless Plating of Plastic. *Chem. Edu.* 55: 361-365.
- [4] Texeira, L. A. C. dan M. C. Santini. 2005. Surface Conditioning of ABS Without the use of Chromium Baths. *J. Mat. Processing Technol.* 170: 37-41.
- [5] Leng Leng, L. 2004. Penyaduran Nikel Tanpa Elektrik ke Atas Plastik ABS yang Bergred Tidak Boleh Disadur. Tesis Sarjana Muda Sains Gunaan (Kimia Industri). Universiti Sains Malaysia. 55-56.
- [6] Malcolm, P. S. 1999. *Polymer Chem: An Introduction-Third Edition*. London: Oxford University Press. 378-381.
- [7] Mohamad Ibrahim, M. N., M. E. Izat, dan A. U. Ruzila. 2004. Penyaduran Nikel Tanpa Elektrik ke Atas Plastik ABS Menggunakan Kaedah Salutan Polimer. *Physical Sci.* 15: 51-62.
- [8] *Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers*. 1995. Annual Book of ASTM Standard. Section D 4541-95. 327-337.
- [9] Joel, R. F. 2003. *Polymer Sci. and Technol.-Second Edition*. New Jersey: Pearson Education. 373-374.
- [10] Harry, R. A., W. L. Frederick, dan E. M. James. 2003. *Contemporary Polymer Chem.-Third Edition*. New Jersey: Pearson Education. 51.
- [11] Sia, C. W. 2004. Elettroless Nickel Bath Formulation and Characterization on Mild Plate. Tesis Ijazah Sarjana. Universiti Sains Malaysia. 53-55.
- [12] Garbassi, F., M. Marco, dan O. Ernesto. 1994. *Polymer Surfaces from Physics to Technology*. England: John Wiley and Sons. 335-336.

- [13] Gaehde, J., A. Gesierich, dan I. Loeschke. 1977. Metallized Articles and Method of Producing The Same. US Patent. 4,005,238.
- [14] Shirahata, R., M. Suzuki, Y. Yamada, T. Kitamoto, Tatsuji, dan S. Dezawa. 1978. Method of Forming Thin Film by Electroless Plating on a Vinylidene Chloride Undercoat. US Patent. 4,089,993.