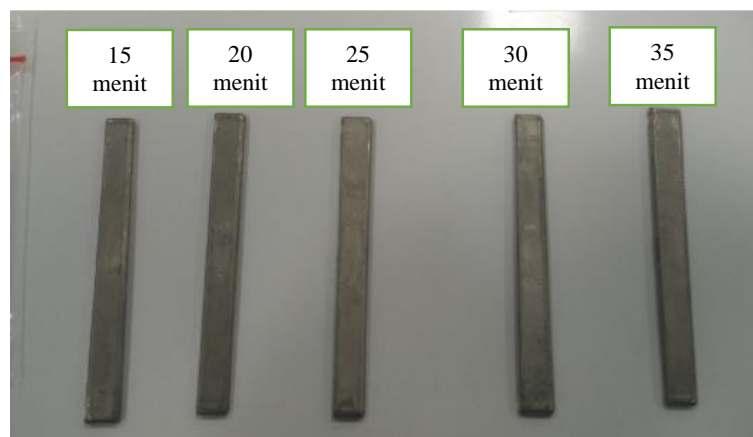


BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil *Elektroless Plating*

Spesimen plastik ABS yang telah dilakukan pelapisan nikel dengan metode *elektroless plating* memiliki pengaruh terhadap permukaan sesuai dengan variasi yang digunakan. Pada penelitian ini, variasi yang digunakan yaitu variasi waktu *etching* dengan waktu proses 15 menit, 20 menit, 25 menit, 30 menit, dan 35 menit. Hasil yang berpengaruh terhadap permukaan dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Hasil pelapisan nikel dari spesimen plastik ABS dengan metode *elektroless plating*.

Namun terdapat kegagalan atau tidak terbentuknya lapisan nikel secara merata pada permukaan plastik ABS, hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti waktu *etching* dan lama waktu aktivasi palladium. Kegagalan pembentukan lapisan nikel pada permukaan aluminium dapat ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Kegagalan pelapisan nikel yang tidak merata dari spesimen plastik ABS

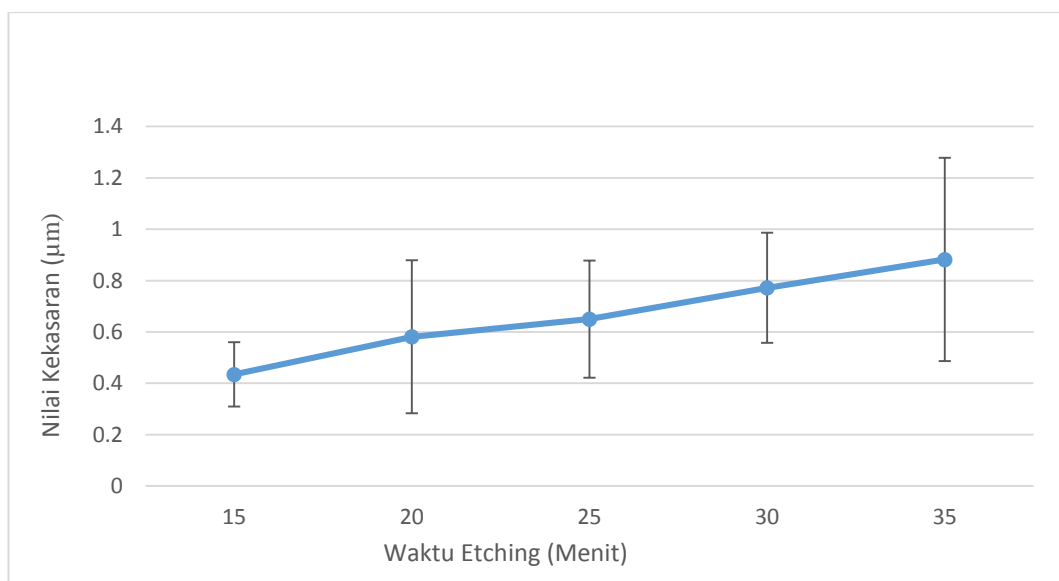
4.2 Hasil dan Pembahasan Pengujian Kekasaran

Pada pengujian kekasaran permukaan lapisan menggunakan alat *Roughness Tester*. Setiap spesimen diuji kekasarannya masing – masing sebanyak 3 titik. Pengujian dilakukan spesimen dari masing-masing variasi waktu *etching* pada proses *elektroless plating* . Pengujian kekasaran dilakukan untuk mengetahui tingkat kekasaran spesimen dari *raw material* sampai proses *elektroless plating*, dari 3 titik yang digunakan untuk pengujian selanjutnya diambil rata rata nilai kekasaran dari masing – masing spesimen yang telah diuji. Pengujian ini dilaksanakan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

4.1 Tabel hasil kekasaran permukaan

Waktu Etching (Menit)	Nilai Kekasaran (μm)			Rata-rata	Standar Deviasi
	Titik 1	Titik 2	Titik 3		
15	0,559	0,437	0,308	0,434	0,125
20	0,517	0,906	0,32	0,581	0,298
25	0,481	0,91	0,559	0,65	0,228
30	0,656	1,019	0,64	0,771	0,214
35	0,477	0,902	1,268	0,882	0,395

Dari Tabel 4.1 nilai kekasaran diatas kemudian dikonversi menjadi grafik hubungan antara nilai kekasaran permukaan plastik ABS terhadap variasi waktu *etching* pada proses *Electroless plating* nikel yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.3 Grafik pengaruh waktu *etching* terhadap kekasaran

Gambar 4.3 diatas menunjukkan hubungan antara waktu *etching* pada *elektroless plating* dengan variasi waktu 15 menit, 20 menit, 25 menit, 30 menit, terhadap nilai kekasaran plastik ABS. Dari grafik diatas dapat diketahui nilai kekasaran rata-rata pada waktu *etching* 15 menit sebesar 0,434 μm . Setelah diproses

dengan waktu *etching* 20 menit didapat nilai kekasaran rata-rata sebesar 0,581 μm . Selanjutnya kekasaran rata-rata pada waktu *etching* 25 menit menghasilkan kekasaran rata-rata sebesar 0,65 μm . Lalu pada waktu *etching* 30 menit menghasilkan nilai kekasaran rata-rata sebesar 0,771 μm . Dan pada waktu *etching* 35 menit menghasilkan nilai kekasaran rata-rata sebesar 0,882 μm . Sehingga nilai kekasaran tertinggi pada proses *elektroless plating* nikel sebesar 0,882 μm pada waktu *etching* 35 menit dan nilai kekasaran paling rendah pada waktu *etching* 15 menit sebesar 0,434 μm .

Mengacu pada (Tang et al, 2006), melakukan penelitian tentang variasi waktu *etching* 0 menit, 5 menit, 7 menit, 9 menit, dan 11 menit. Menyatakan waktu etsa secara signifikan mempengaruhi permukaan ABS. Kekasaran permukaan ABS sangat meningkat dengan bertambahnya waktu etsa. Dengan waktu etsa yang lama mengakibatkan *overroughing*. Dengan variasi waktu pencelupan nikel dengan waktu 2 menit, 5 menit, dan 30 menit dan menghasilkan lapisan nikel yang maksimal pada waktu pencelupan 30 menit.

Dari hasil pengujian kekasaran yang ditampilkan pada grafik diatas dapat disimpulkan bahwa pengaruh variasi waktu *etching* yang digunakan pada proses *elektroless* nikel dapat mempengaruhi nilai kekasaran pada permukaan plastik ABS, dimana nilai kekasaran naik dari waktu *etching* 15 sampai 35 menit. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu *etching* akan mengakibatkan partikel *butadiena* pada plastik ABS yang teroksidasi semakin banyak dan mengakibatkan terbentuknya rongga-rongga submikroskopis pada permukaan plastik ABS akan semakin banyak juga. Untuk mengatasi hal itu maka waktu *elektroless* nikel harus disesuaikan, agar rongga-rongga pada permukaan plastik ABS dapat terlapisi nikel dengan maksimal. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pelapisan dengan waktu *etching* 15 menit dapat menghasilkan kekasaran yang baik dengan catatan waktu *elektroless* 30 menit.

4.3 Hasil dan Pembahasan Pengujian Keausan

Pengujian keausan dilakukan dengan mesin uji *Ogoshi High Speed Universal Wear Testung Machine* tipe OAT-U dengan lebar piringan pengaus 3 mm, jari-jari pengaus 13 mm, beban tekan pengaus 2,12 kg, jarak tempuh proses pengausan 66,6 mm, dalam waktu 30 detik.

Keausan spesifik (W_s) dihitung berdasarkan lebar keausan terdapat benda uji akibat gesekan piringan pengaus. Hasil uji keausan berupa goresan atau strip pada permukaan benda uji yang telah dilihat dengan menggunakan *microscope optik* dengan pembesaran 100x dan diambil 38 strip untuk 1 mm dari masing-masing spesimen. Nilai keausan spesifik didapatkan dengan menggunakan persamaan 4.1.

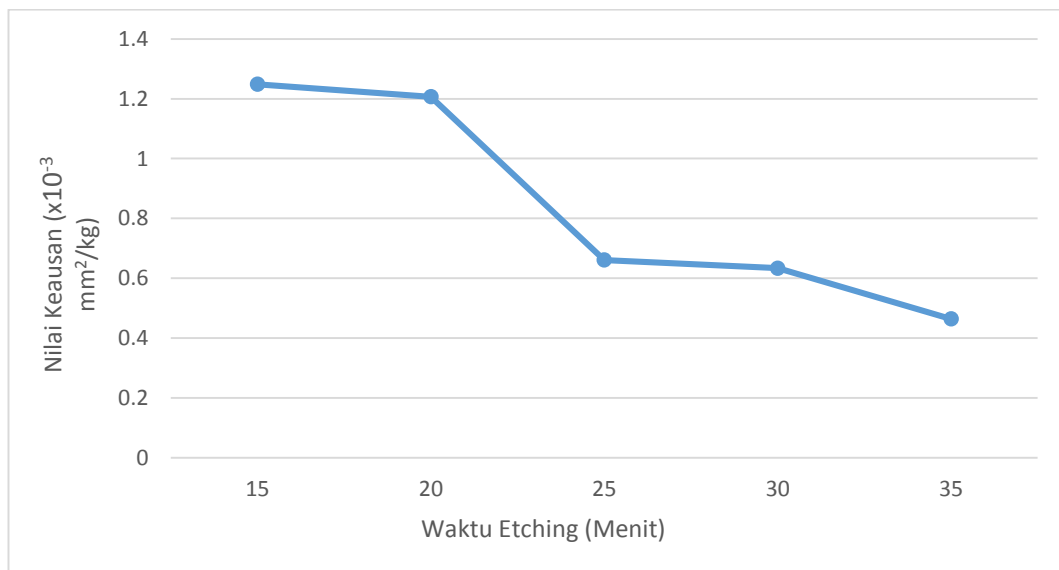
Rumus nilai keausan spesifik dapat diperoleh dari :

$$W_s = \frac{B \cdot B_o^3}{8 \cdot r \cdot P_o \cdot l_o} \dots \dots \dots (4.1)$$

- Dimana :
- B = lebar disk (mm)
 - B_o = lebar keausan pada benda uji (mm)
 - r = jari-jari (mm)
 - P_o = beban tekan (kg)
 - l_o = jarak tempuh dari proses pengausan (mm)

Tabel 4.2 Hasil pengujian keausan permukaan

Waktu (Menit)	Strip	B (mm)	Bo (mm)	r (mm)	Po (kg)	lo (mm)	Ws ($\times 10^{-3}$ mm ² /kg)
15	37	0,89	3	15	2,12	6,66	1,248
	35						
	30						
20	20	0,88	3	15	2,12	6,66	1,206
	36						
	45						
25	23	0,72	3	15	2,12	6,66	0,660
	35						
	25						
30	17	0,71	3	15	2,12	6,66	0,633
	20						
	35						
35	28	0,64	3	15	2,12	6,66	0,464
	25						
	20						



Gambar 4.4 Grafik pengaruh waktu *etching* terhadap keausan

Pada gambar 4.4 terlihat grafik nilai keausan permukaan spesimen mengalami penurunan seiring dengan semakin lamanya proses waktu *etching*. Dari grafik diatas dapat diketahui nilai keausan rata-rata pada waktu *etching* 15 menit

sebesar $1,248 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Setelah diproses dengan waktu *etching* 20 menit didapat nilai keausan rata-rata sebesar $1,206 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Selanjutnya nilai keausan rata-rata pada waktu *etching* 25 menit menghasilkan kekasaran rata-rata sebesar $0,660 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Lalu pada waktu *etching* 30 menit menghasilkan nilai keausan rata-rata sebesar $0,633 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Dan pada waktu *etching* 35 menit menghasilkan nilai keausan rata-rata sebesar $0,464 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{kg}$.

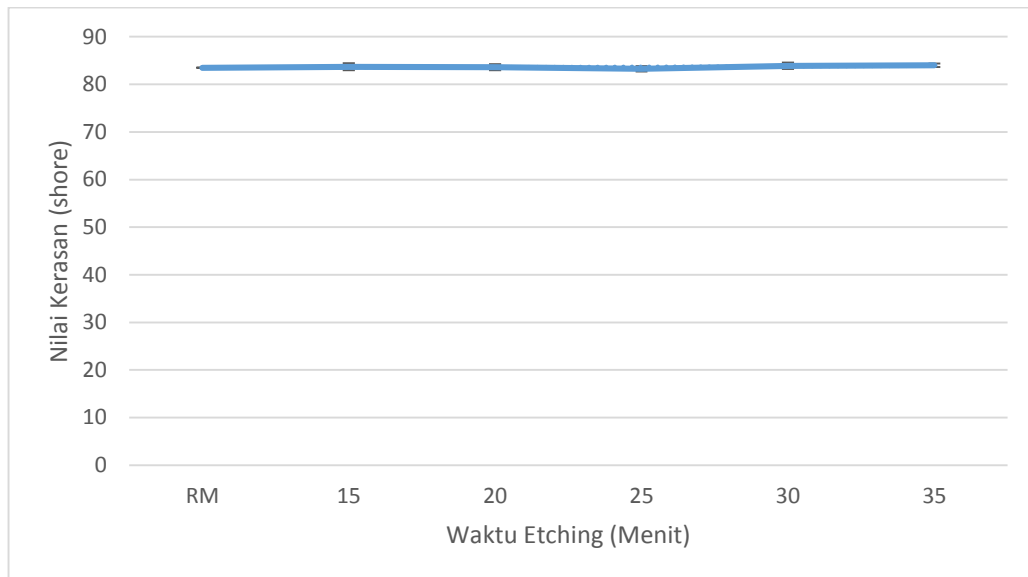
Dilihat pada Gambar 4.3 dapat dilihat dalam bentuk grafik keausan yang menunjukkan perbedaan nilai keausan spesifik dari semua variasi spesimen. Pada pelapisan yang menggunakan waktu *etching* 35 menit menghasilkan ketahanan aus yang paling rendah dengan nilai keausan $0,464 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Sedangkan ketahanan aus yang paling tinggi dihasilkan oleh pelapisan yang menggunakan waktu *etching* 15 menit dengan nilai keausan $1,248 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{kg}$. Semakin lama waktu *etching* mengakibatkan banyak terbentuknya rongga-rongga *submikroskopis* pada permukaan plastik ABS, hal ini mengakibatkan palladium akan semakin banyak masuk pada rongga-rongga pada permukaan plastik. Dengan semakin banyak palladium akan mengikat nikel dengan maksimal dan menjadikan permukaan plastik lebih tahan terhadap gesekan.

4.4 Hasil dan Pembahasan Pengujian Kekerasan

Pada pengujian kekerasan ini, alat yang digunakan adalah *Shore Hardness Tester* tipe D. Pengujian dilakukan pada spesimen dari masing-masing variasi waktu *etching* yaitu 15, 20, 25, 30, dan 35 menit.

Tabel 4.3 Hasil pengujian kekerasan

Waktu (Menit)	Nilai Kekerasan (Shore)					Kekerasan Rata-Rata	Standar Deviasi
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5		
RM	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	0
15	83.5	84.5	84	84	82.5	83.7	0.75
20	83.5	84	84	84	82.5	83.6	0.65
25	83	83.5	84	83.5	82.5	83.3	0.57
30	83.5	84	84.5	83	84.5	83.9	0.65
35	83.5	84	84.5	84	84	84	0.35



Gambar 4.5 Grafik pengaruh waktu *etching* terhadap kekerasan

Gambar 4.5 diatas menunjukkan hubungan antara waktu *etching* pada *elektroless plating* dengan variasi waktu 15 menit, 20 menit, 25 menit, 30 menit, terhadap nilai kekerasan plastik ABS. Dari grafik diatas dapat diketahui nilai kekerasan rata-rata pada waktu *etching* 15 menit sebesar 83,7 shore. Setelah diproses dengan waktu *etching* 20 menit didapat nilai kekerasan rata-rata sebesar 83,6 shore. Selanjutnya kekerasan rata-rata pada waktu *etching* 25 menit menghasilkan kekerasan rata-rata sebesar 83,3 shore. Lalu pada waktu *etching* 30

menit menghasilkan nilai kekerasan rata-rata sebesar 83,9 shore. Dan pada waktu *etching* 35 menit menghasilkan nilai kekerasan rata-rata sebesar 84 shore.

Dari grafik hasil pengujian kekerasan yang dapat dilihat dari Gambar 4.4, hasil kekerasan tertinggi diperoleh dari pelapisan dengan waktu *etching* 35 menit dan hasil kekerasan terendah diperoleh dari pelapisan dengan waktu 25 menit. Dari grafik dapat disimpulkan waktu *etching* tidak berpengaruh terhadap kekerasan spesimen, hal ini dikarenakan partikel *butadiene* terkikis pada saat proses *etching* merubah sifat mekanik spesimen. *Butadiene* sendiri memiliki sifat yang memberikan perbaikan terhadap ketahanan pukul. Selain itu juga menurut Tang et al (2009) , waktu dan temperature yang terlalu tinggi pada proses *etching* sangat tidak bagus dan mungkin dapat menghancurkan substrat ABS. Yuniarti (2005) menyatakan kalau proses etsa dilakukan terlalu lama, maka proses ini akan berlangsung sebagian-bagian yang lebih dalam dari permukaan plastik sehingga merubah dari sifat-sifat dari plastik tersebut. Hal itu diperkuat dengan hasil pengujian *raw material* yang memiliki tingkat kekerasan yang homogen, berbeda dengan tingkat kekerasan material yang sudah diproses *elektroless plating*.

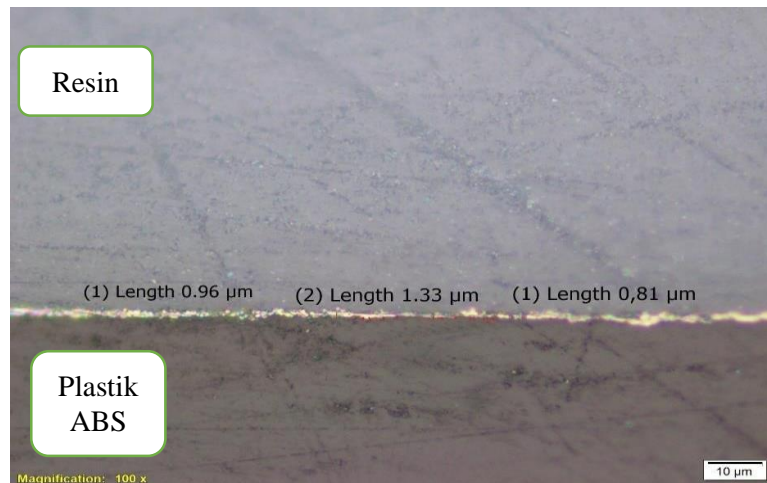
4.4 Hasil dan Pembahasan Pengujian Ketebalan

Pengujian ketebalan dilakukan dengan dua metode pengujian yaitu, metode pengujian ketebalan mikro dan metode pengujian ketebalan SEM. Hasil dari hasil dari masing-masing pengujian nanti nya akan dibandingkan untuk mengetahui hasil ketebalan yang maksimal.

4.4.1 Pengujian Ketebalan Lapisan

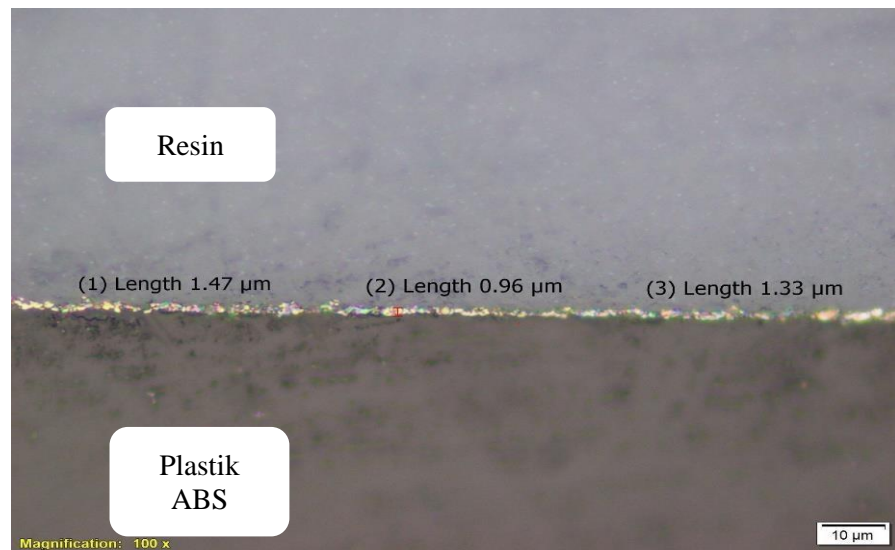
Pengujian mikro ini dilakukan untuk mengetahui ketebalan dan rekatan yang terjadi pada lapisan nikel terhadap spesimen plastik ABS setelah dilakukan proses *elektroless*. Pengujian ini dilakukan dengan variasi waktu *etching* 15 menit, 20 menit, 25 menit, 30 menit, dan 35 menit dengan masing-masing variasi 3 titik. Pengujian ini dilakukan dengan perbesaran 100 kali. Hasil pengujian foto mikro sebagai berikut :

1. Foto mikro dilakukan pada spesimen dengan waktu *etching* 15 menit seperti terlihat pada Gambar 4.6. Dari 3 titik yang diuji masing-masing menghasilkan ketebalan 0,96 μm , 1,33 μm dan 0,81 μm dengan rata-rata ketebalan 1,03 μm .



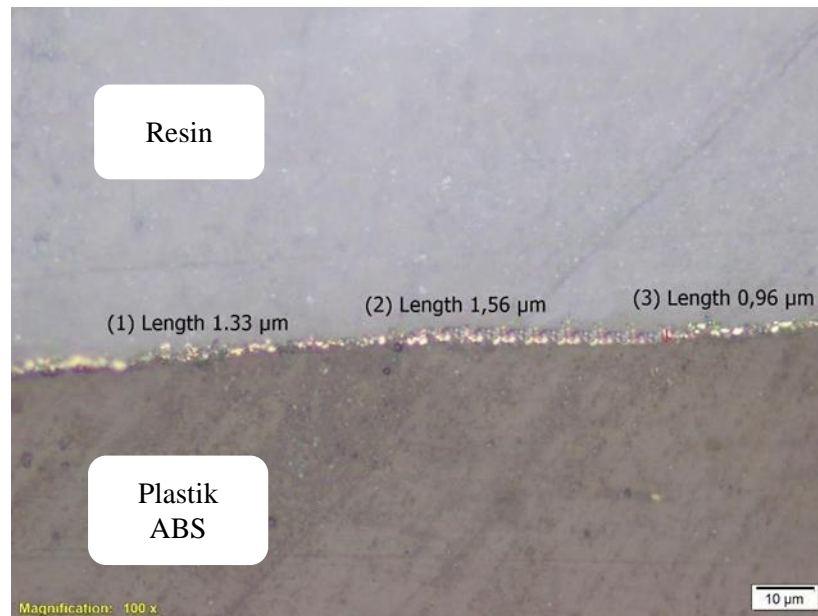
Gambar 4.6 Foto mikro pada spesimen dengan waktu *etching* 15 menit

2. Foto mikro dilakukan pada spesimen dengan waktu *etching* 20 menit seperti terlihat pada Gambar 4.7. Dari 3 titik yang diuji masing-masing menghasilkan ketebalan 1,47 μm , 0,96 μm dan 1,33 μm dengan rata-rata ketebalan 1,25 μm .



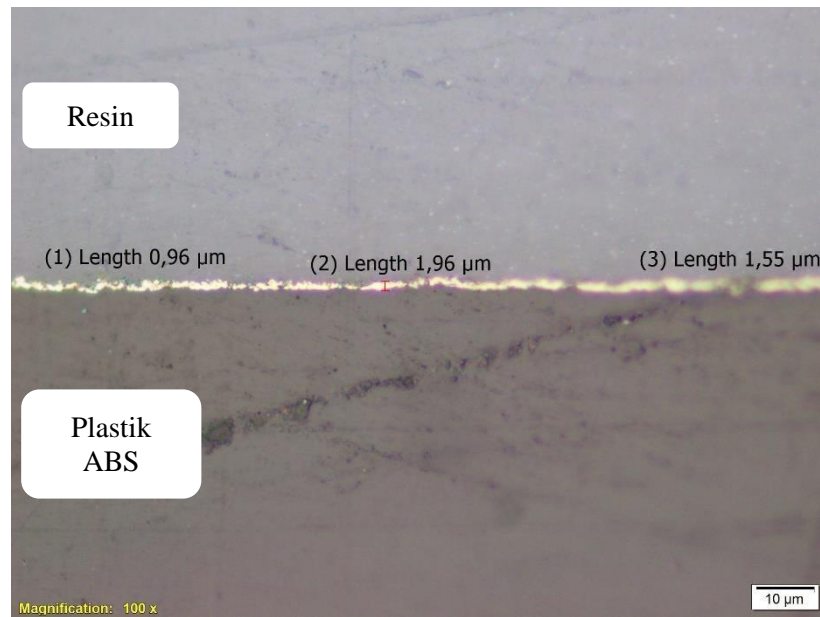
Gambar 4.7 Foto mikro pada spesimen dengan waktu *etching* 20 menit

3. Foto mikro dilakukan pada spesimen dengan waktu *etching* 25 menit seperti terlihat pada Gambar 4.8. Dari 3 titik yang diuji masing-masing menghasilkan ketebalan 1,56 μm , 1,33 μm dan 0,96 μm dengan rata-rata ketebalan 1,28 μm .



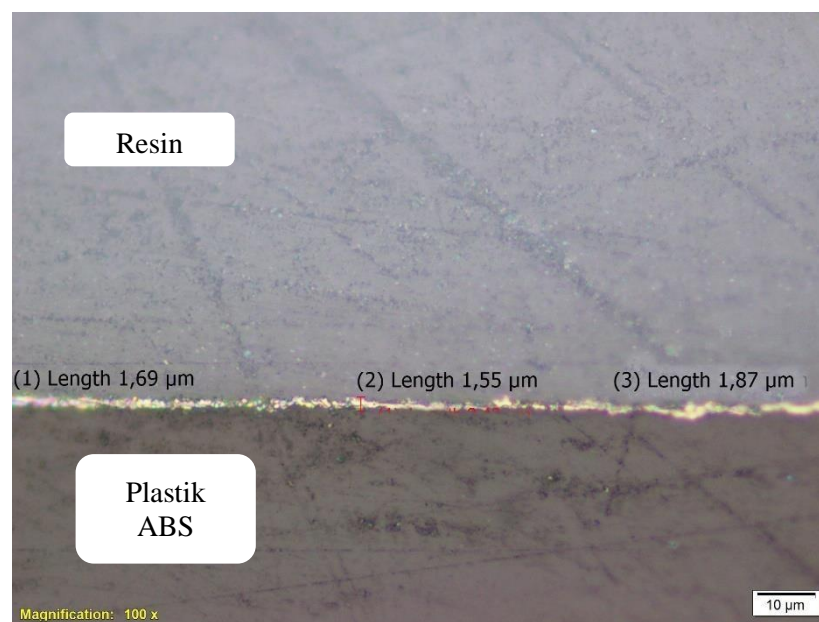
Gambar 4.8 Foto mikro pada spesimen dengan waktu *etching* 25 menit

4. Foto mikro dilakukan pada spesimen dengan waktu *etching* 30 menit seperti terlihat pada Gambar 4.9. Dari 3 titik yang diuji masing-masing menghasilkan ketebalan 0,96 μm , 1,69 μm dan 1,55 μm dengan rata-rata ketebalan 1,4 μm .



Gambar 4.9 Foto mikro pada spesimen dengan waktu *etching* 30 menit

5. Foto mikro dilakukan pada spesimen dengan waktu *etching* 35 menit seperti terlihat pada Gambar 4.10. Dari 3 titik yang diuji masing-masing menghasilkan ketebalan 1,69 μm , 1,55 μm dan 1,87 μm dengan rata-rata ketebalan 1,7 μm .

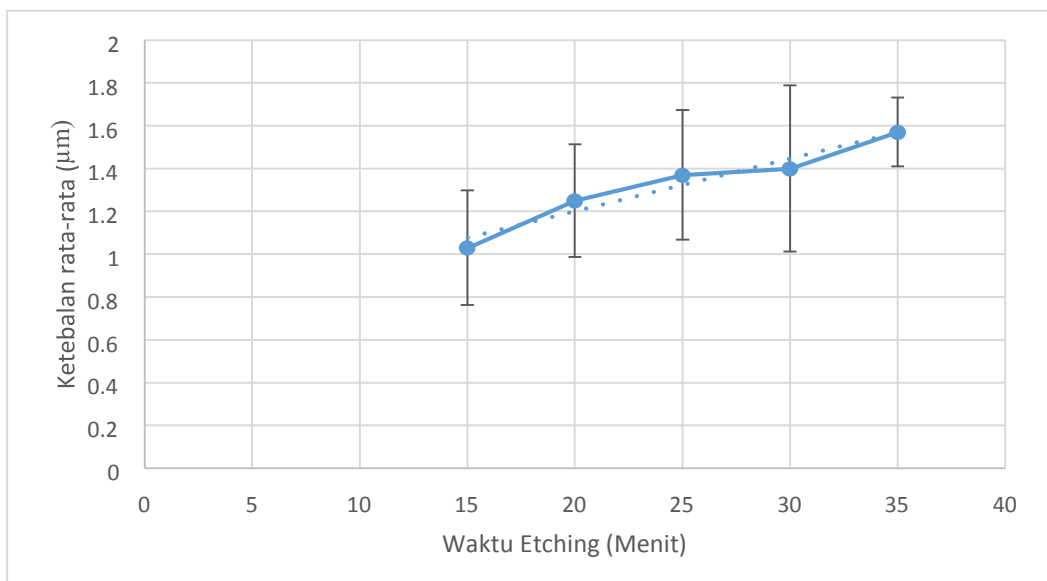


Gambar 4.10 Foto mikro pada spesimen dengan waktu *etching* 35 menit

Dari hasil pengujian ketebalan mikro, data hasil pengujian kemudian dibuat menjadi tabel dan grafik agar dapat dipahami seperti pada tabel 4.4 dan gambar 4.11 dibawah.

Tabel 4.4 Hasil pengujian ketebalan lapisan

Waktu Etching (Menit)	Hasil Ketebalan (μm)			Rata-rata Ketebalan	Standard Deviasi
	Titik 1	Titik 2	Titik 3		
15	0.96	1.33	0.81	1,03	0.267
20	1.47	0.96	1.33	1,25	0.263
25	1.33	1.56	0.96	1,28	0.302
30	0.96	1.69	1.55	1,4	0.387
35	1.69	1.55	1.87	1,7	0.160



Gambar 4.11 Grafik pengaruh waktu etching terhadap ketebalan lapisan

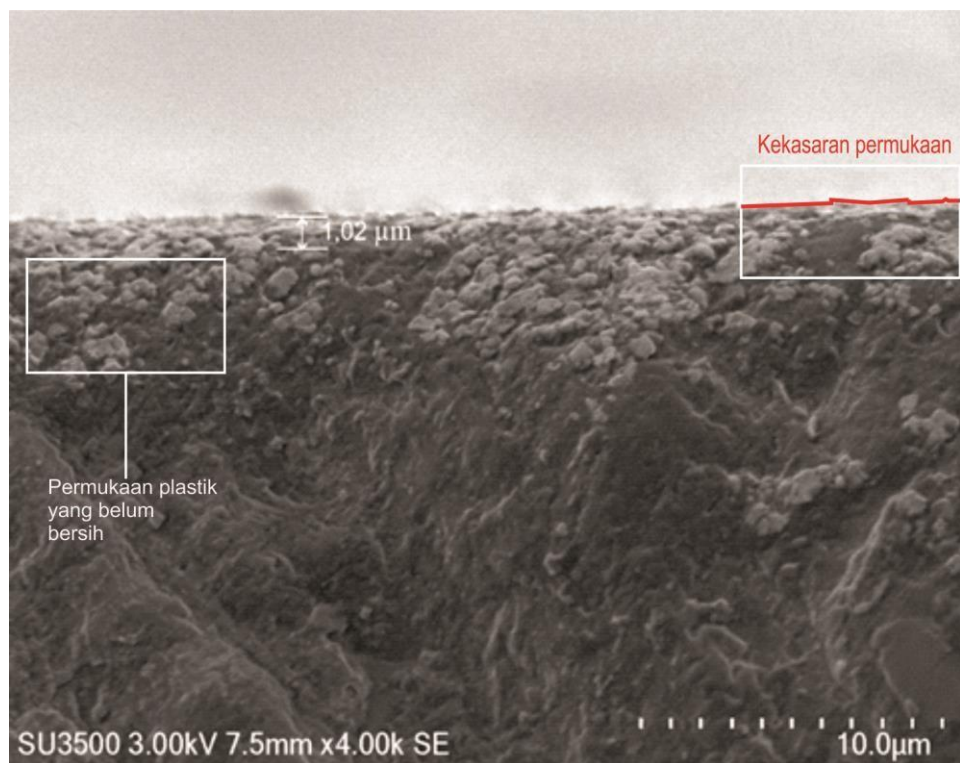
Dari grafik hasil pengujian ketebalan lapisan yang dapat dilihat dari Gambar 4.11, hasil ketebalan tertinggi diperoleh dari pelapisan dengan waktu *etching* 35 menit dan hasil kekerasan terendah diperoleh dari pelapisan dengan waktu 15 menit. Hal ini dapat disimpulkan variasi waktu *etching* sangat berpengaruh

terhadap ketebalan lapisan, karena semakin lama waktu *etching* menjadikan lapisan nikel pada permukaan plastik akan semakin banyak.

4.4.2 Pengujian Ketebalan SEM

Pengujian SEM ini dilakukan untuk mengetahui ketebalan dan rekatan yang terjadi pada lapisan nikel terhadap spesimen plastik ABS setelah dilakukan proses *elektroless* dengan variasi waktu *etching* 15 menit dan 35 menit. Pengujian ini dilakukan dengan perbesaran 4000 kali. Hasil pengujian foto SEM sebagai berikut:

1. Foto SEM dilakukan proses *elektroless* dengan waktu *etching* 15 menit , terlihat lapisan nikel pada permukaan Plastik ABS, ditunjukkan pada Gambar 4.12.

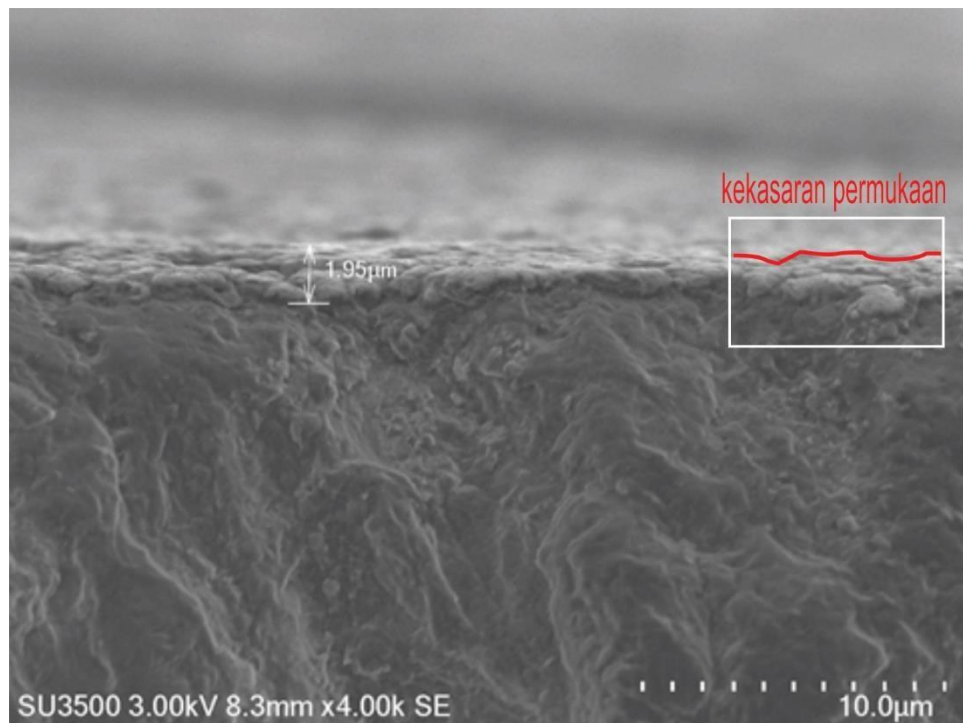


Gambar 4.12 Hasil pengujian SEM pada spesimen waktu *etching* 15 menit

Dari hasil pengujian SEM untuk spesimen dengan waktu *etching* 15 menit dapat dilihat ketebalan lapisan nikel pada permukaan plastik ABS adalah 1,02 μm . Pada permukaan plastik terlihat masih kotor, ini dikarenakan pembersihan permukaan setelah dilakukan pemotongan

spesimen dan pengamplasan masih menyisakan serpihan-serpihan nikel yang menempel pada permukaan plastik.

2. Foto SEM dilakukan proses *elektroless* dengan waktu *etching* 35 menit , terlihat lapisan nikel pada permukaan Plastik ABS, ditunjukkan pada Gambar 4.12 dibawah.



Gambar 4.13 Hasil pengujian SEM pada spesimen waktu *etching* 35 menit

Dari hasil pengujian SEM untuk spesimen dengan waktu *etching* 35 menit dapat dilihat ketebalan lapisan nikel pada permukaan plastik ABS adalah 1,95 μm . Pada gambar terlihat rekatan antara lapisan nikel dengan plastik ABS sangat baik. Terlihat nikel masuk dan menutupi pori-pori pada permukaan plastik ABS sehingga menjadikan lapisan nikel melekat dengan baik pada plastik ABS.

Pernyataan (Yuniati, 2010) menyatakan daya rekat antara plastik sebagai bahan dasar dengan logam pelapisnya sangat tergantung pada tahap *etching*. Karena tahap *etching* berfungsi untuk mencapai adhesi logam yang

sesuai dengan dengan plastik. Sehingga dapat berkaitan dengan baik antara logam pelapis dan permukaan plastik.

Mengacu pada (Santhiarsa, 2016) yang melakukan penelitian *elektroless* dengan waktu *etching* 5-15 menit dengan variasi suhu *elektroless* 30⁰, 40⁰, dan 50⁰C dan waktu elektroless 5, 10, 15 menit. Dan menghasilkan lapisan tertinggi 4,79 μm pada suhu 50⁰C dengan waktu elektroless 15 menit. Dan lapisan terendah 2,29 μm pada suhu 30⁰ dengan waktu *elektroless* 5 menit.

Berdasarkan hasil yang didapatkan lapisan tertinggi terjadi pada waktu *etching* 35 menit dengan 1,95 μm dan lapisan terendah pada 15 menit dengan 1,02 μm . Hasil ini berbanding lurus dengan hasil pengujian ketebalan lapisan karena ketebalan tertinggi dihasilkan pada waktu *etching* 35 menit dengan hasil 1,57 μm dan lapisan terendah pada waktu *etching* 15 menit dengan 1,03 μm . Dapat disimpulkan waktu *etching* sangat berpengaruh terhadap ketebalan lapisan. Karena semakin lama waktu *etching* akan meningkatkan ketebalan dan daya rekat lapisan terhadap permukaan plastik ABS. Karena pori-pori pada permukaan yang dihasilkan pada proses *etching*, menjadi tempat nikel merekat pada spesimen. Hal ini menjadikan semakin lama waktu *etching* semakin banyak juga pori-pori yang dapat mengikat nikel pada permukaan spesimen. Selain itu waktu elektroless juga berpengaruh pada ketebalan lapisan, karena semakin lama waktu *elektroless* menjadikan nikel akan lebih banyak menempel pada permukaan plastik ABS. Mengacu pada penelitian ini dan penelitian yang sudah dilakukan lainnya, dianjurkan menggunakan waktu *elektroless* 15 menit untuk menghasilkan lapisan yang lebih maksimal.