

# I101 - ANALISIS ABSORBANSI LAPISAN TIPIS ALUMINIUM PROSES METALISASI SEBAGAI DASAR PERANCANGAN ALAT PENGUKUR KETEBALAN LAPISAN METAL PADA PLASTIK

Yaya Finayani<sup>1</sup>, Muhammad Alhan<sup>1</sup>, Sunaryo<sup>1</sup>, Sudarno<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Pratama Mulia Surakarta  
Jl. Haryo Panular No 18A Panularan Lawean Surakarta 57149 Telp 0271 712637  
email: yyfinyani@yahoo.com

## Abstrak

Proses metalisasi plastik dilakukan dengan cara memanaskan aluminium hingga titik lebur di ruang hampa sehingga atom dan molekul akan menguap dan menempel pada permukaan plastik yang bergerak dengan kecepatan tinggi lalu didinginkan dengan cepat sehingga mengkristal dan membentuk lapisan tipis di seluruh lapisan plastik. Salah satu industri yang melakukan proses metalisasi pada plastik adalah PT.Tomoko Daya Perkasa yang memiliki salah satu mesin produksi untuk melakukan proses metalisasi yaitu Mesin Metallizing. Penelitian ini bertujuan melakukan analisis absorbansi/*optical density* lapisan tipis proses metalisasi pada plastik di industri metallizing, hasil analisis digunakan merancang alat pengukur ketebalan lapisan tipis. Metode yang digunakan studi literatur, studi lapangan, studi laboratorium dan perancangan alat pengukur ketebalan lapisan tipis. Hasil penelitian menunjukkan proses metalisasi PT. Tomoko Daya Perkasa menggunakan Mesin Metallizing TOPMET1250 dengan teknik evaporasi, memiliki 4 bagian utama *vacuum system*, *winding system*, evaporator dan *cooling drum*. Alat ukur ketebalan lapisan metal pada plastik proses metalisasi PT.Tomoko Daya perkasa menggunakan OD-Meter (*Optical Density*). Teknik pemantauan ketebalan lapisan dilakukan manual, operator membandingkan ketebalan lapisan plastik yang telah melewati *cooling drum* dengan ketebalan plastik referensi (terukur dengan OD-Meter), jika terjadi perbedaan dilakukan penambahan dan pengurangan lapisan metal melalui panel kontrol. Dengan menggunakan hukum Beer-Lambert dilakukan analisis perhitungan terhadap 8 sampel plastik dengan ketebalan yang berbeda (1,7 OD; 1,8 OD; 1,9 OD; 2,0 OD; 2,2 OD; 2,6 OD; 3,0 OD dan 3,2 OD) menunjukkan bahwa kerapatan optis besar maka %T (%*transmittance*) semakin kecil ketebalan lapisan tebal sebaliknya lapisan memiliki kerapatan optis kecil semakin besar %T nya ketebalan lapisan semakin tipis.

**Kata kunci:** absorbansi; aluminium; ketebalan; lapisan tipis; metalisasi

## Pendahuluan

Selama beberapa dekade, film tipis aluminium telah berhasil diendapkan pada berbagai substrat berbasis polimer di antaranya perlindungan cahaya, proteksi dari aroma/rasa, perbaikan daya tarik. Sampai saat ini kegunaan lapisan metal aluminium untuk pengemasan produk makanan dalam proses penyimpanan makanan, bertujuan untuk menghilangkan kontaminasi bahan makanan oleh mikroorganisme. (Copeland & Astbury, 2010). Proses pembentukan lapisan metal aluminium sering diistilahkan aluminium foil melalui proses metalisasi di ruang hampa (*metallizing vacuum*), proses ketebalan lapisan mencapai nanometer dengan teknik deposisi penguapan logam pada ruang hampa. Teknik deposisi dengan menguapkan logam di ruang vakum dan membiarkan logam mengembun serta menempel pada media/plastik. Lapisan aluminium foil yang sangat tipis yang menempel pada plastik digunakan untuk menghalangi makanan /bahan yang dibungkus terhadap cahaya, uap air, oksigen serta gas dan aroma lainnya. (Copeland & Astbury, 2010). Menurut penelitian (Copeland & Astbury, 2010) jenis plastik yang sering digunakan untuk dilakukan pelapisan metal aluminium adalah jenis polyester atau *Polyethylene Terephthalate* (PET) dan *Oriented Polystyrene* (OPP).

Kualitas pelapisan aluminium pada plastik bergantung pada tebal tipisnya lapisan aluminium yang menempel pada plastik, industri umumnya mengukur ketebalan pelapisan aluminium berdasarkan kerapatan optik (*optical Density* (OD)) sebagai pengukuran kuantitatif, tebal tipisnya lapisan juga berpengaruh pada biaya produksi. Penentuan kerapatan optik sangat dibutuhkan oleh industri untuk mengetahui kualitas proses pelapisan aluminium dan penentuan biaya produksi. Metode yang biasa digunakan di industri pengemasan makanan menurut (Lindner & Schmid, 2017) menentukan ketebalan lapisan aluminium melalui *optical density* berguna untuk memantau ketebalan yang homogen. Salah satu industri yang melakukan proses metalisasi pada plastik adalah PT.Tomoko Daya Perkasa yang memiliki salah satu mesin produksi untuk melakukan proses metalisasi yaitu Mesin Metallizing.

Penelitian bertujuan melakukan analisis absorbansi/*optical density* lapisan tipis proses metalisasi pada plastik di industri metallizing, hasil analisis digunakan merancang alat pengukur ketebalan lapisan tipis. (*tahapan penelitian selanjutnya*) dengan mitra penelitian PT. Tomoko Daya Perkasa Metallizing Industry.

## Bahan dan Metode Penelitian

### Teknik deposisi lapisan tipis

Kemajuan teknologi tentang proses pelapisan untuk membentuk lapisan tipis dengan teknik deposisi yaitu teknik pengkristalan di mana terjadi karena proses membekunya suatu benda yang memiliki zat tertentu. Teknik deposisi salah satunya dapat melalui metode penguapan vakum (*vacuum evaporation*), teknik penguapan vakum digunakan oleh industri kemasan (*packing industry*). Teknik evaporasi adalah suatu proses penguapan sebagian atau keseluruhan pelarut sehingga hanya larutan yang pekat serta memiliki konsentrasi yang tinggi. Proses evaporasi terdiri dari penguapan material padat dengan cara pemanasan sampai mencapai suhu tinggi kemudian mengembungkan di atas substrat.

Lapisan tipis secara deposisi atom-atom suatu bahan pada permukaan bahan/substrat dengan ketebalan dari orde mikro sampai nano. Variasi ketebalan lapisan dan variasi waktu dalam proses deposisi akan diperoleh sifat tertentu dari lapisan tipis tersebut. Lapisan tipis adalah suatu lapisan dengan ukuran ketebalan sangat tipis dapat dari bahan organik, metal maupun campuran metal organik yang memiliki sifat-sifat konduktor, isolator maupun isolator. Lapisan tipis salah satunya yaitu lapisan film tipis dari aluminium, teknik deposisi yang digunakan melalui deposisi uap fisik (*physical vapor deposition*) yaitu *thermal evaporation*, *e-beam deposition* dan *magnetron sputtering processes*.

Kemajuan teknologi telah berkembang adanya teknologi vakum (Akram, 2014), hal ini diterapkan dalam proses pembuatan lapisan tipis dengan cara penguapan di ruang vakum, yaitu suatu ruangan yang memiliki kepadatan gas sangat rendah, tingkat kevakuman dengan dapat diukur tekanannya.

### Plastik Kemasan dan Aluminium Foil untuk Pengemasan

Kemajuan dalam pengolahan makanan dan kemasan memainkan peran utama dalam mempertahankan kualitas persediaan dan pengolahan makanan setelah proses produksi selesai. Hal ini memungkinkan makanan akan tetap berkualitas dengan aman untuk jarak jauh serta tetap sehat untuk dikonsumsi. (Marsh & Bugusu, 2007). Kemasan makanan memiliki manfaat diantaranya memperpanjang umur simpan, mempertahankan atau meningkatkan kualitas dan keamanan makanan. Jenis kemasan banyak jenisnya di antaranya kaca, logam (aluminium, foil, laminasi) kertas, dan plastik. Kemasan plastik menawarkan berbagai macam sifat mudah menyerap daripada jenis kemasan lainnya, dari beberapa jenis plastik yang sering digunakan PT. Tomoko Daya Perkasa adalah PE (*poly Ethylene*) dan OPP (*oriented polystyrene*) OPP (*oriented polystyrene*).

Aluminium biasa digunakan untuk membuat kaleng, kertas timah, kertas laminasi atau kemasan plastik, aluminium adalah logam putih ringan berasal dari bijih bauksit yang berasal dari kombinasi dengan oksigen yang membentuk alumina. Magnesium dan mangan sering ditambahkan ke aluminium untuk memperbaiki sifat kekuatannya. (Marsh & Bugusu, 2007). Aluminium memiliki fleksibilitas dan ketahanan permukaan yang baik, kelenturan yang sangat baik dan kemampuan mudah dibentuk. Adapun kelemahan aluminium adalah biaya tinggi dibandingkan logam lain. Aluminium foil dibuat dengan menjadikan aluminium murni menjadi lembaran yang sangat tipis, aluminium foil tersedia dalam berbagai ketebalan, dengan foil tipis digunakan untuk pembungkus makanan, Aluminium foil memberikan efek yang sangat baik terhadap kelembaban, udara, bau, cahaya dan mikroorganisme. Aluminium foil yang dilekatkan ke kertas atau film plastik untuk memperbaiki kualitas kemasan, ketebalan lapisan aluminium foil pada plastik mempengaruhi biaya produksi sehingga ketebalan lapisan perlu diukur.

Kemasan makanan yang relatif murah adalah film metalisasi. Metalisasi film adalah plastik yang mengandung lapisan tipis logam aluminium, lapisan tipis ini bermanfaat untuk melindungi makanan dari kelembaban, minyak, udara, bau. Film metalisasi ini terutama digunakan untuk membungkus makanan ringan. (Marsh & Bugusu, 2007)

### Absorbansi

Absorbansi disebut juga densitas optis (*optical density*) adalah rasio logaritma dari intensitas radiasi yang mengenai bahan I terhadap intensitas radiasi yang ditransmisikan sebelum mengenai bahan ( $I_0$ ). Hukum Beer-Lambert menyatakan hubungan antara transmittansi dengan intensitas cahaya.

Dengan menggunakan Hukum Beer-Lambert besarnya kerapatan optis / densitas optis / absorbansi dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Absorbance} = A = \log \frac{I_0}{I} \quad (1)$$

A = absorbansi

I = intensitas cahaya yang melalui plastik (ditransmisikan)

$I_0$  = intensitas cahaya sebelum menyentuh plastik

Dari persamaan (1) dapat dirumuskan bahwa

$$transmittance = T = \frac{I}{I_0} \tag{2}$$

Dalam bentuk % diperoleh rumus

$$\% transmittance = \%T = \frac{I}{I_0} \times 100 \tag{3}$$

Hukum Beer-Lambert,

$$I = I_0 e^{-at} \tag{4}$$

$$-\log \frac{I}{I_0} = at \tag{5}$$

Dari persamaan (1) dan (5)

$$A = at \tag{6}$$

Persamaan (6) menyatakan hubungan ketebalan lapisan metal  $t$  dengan nilai absorbansi  $A$ , didapatkan

$$t = \frac{2,3026}{a} A \tag{7}$$

A = absorbansi

T = ketebalan lapisan metal

a = *absorbance coefficient*

Sedangkan nilai  $a$  = *absorbance coefficient* menggunakan rumus

$$a = \frac{4\pi k}{\lambda} \tag{8}$$

$\pi$  = 3,14

k = *extinction coefficient*

a = *absorbance coefficient* (cm<sup>-1</sup>)

$\lambda$  = *wavelength* (nm)

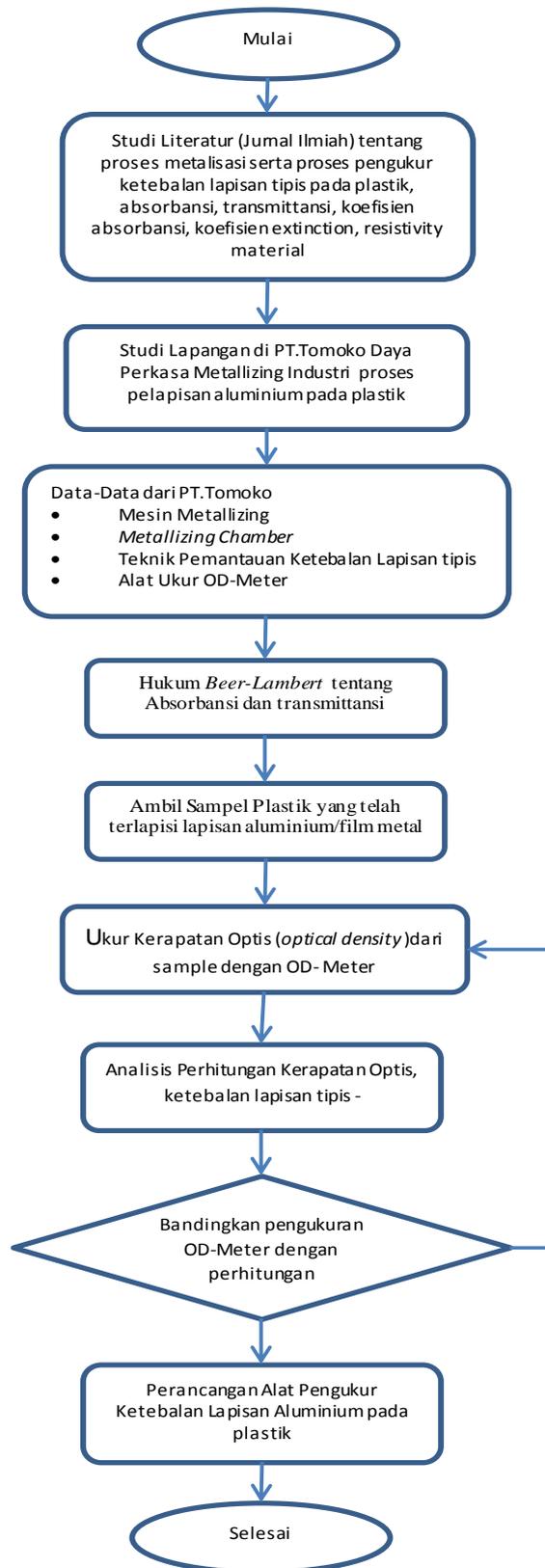
Proses metalisasi yang dilakukan oleh PT.Tomoko Daya Perkasa menggunakan aluminium yang dilapiskan ke plastik, sehingga persamaan (8) koefisien  $k$  dan panjang gelombang  $\lambda$  menggunakan data material dari Aluminium.. Penelitian dalam menganalisis diasumsikan pada kondisi panjang gelombang  $\lambda=590,38$  nm dan *extinction coefficient* = 7,15. Tabel 1 menunjukkan beberapa nilai *Wavelength* dan *extinction coefficient* dari material Aluminium

Tabel 1. Nilai *wavelength* dan *extinction coefficient* aluminium

Wavelength $\lambda$ (nm)	<i>extinction coefficient</i> k
476,85	5,8
495,92	6,03
516,58	6,28
539,04	6,55
563,55	6,85
590,38	7,15

**Metode Penelitian**

Metode Penelitian dijelaskan di Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart penelitian

## Hasil dan Pembahasan

### Pemantauan ketebalan lapisan metal film pada plastik pt. Tomoko daya perkasa

PT. Tomoko Daya Perkasa merupakan salah satu industri kemasan yang melakukan pelapisan aluminium/ film metal pada plastik. Mesin metalisasi yang digunakan salah satunya adalah jenis TOPMET 1250 terlihat secara lengkap Gambar 2 (Ludwig R.,Hans G.L., Gerd H, 2010)



Gambar 2. TOPMET 1250  
(Ludwig R.,Hans G.L., Gerd H, 2010)

Metalisasi plastik yang dilakukan oleh Mesin Metallizing adalah proses melapisi plastik dengan aluminium yang dipanaskan hingga titik leburnya di ruang metalisasi (*metallizing chamber*), sehingga atom dan molekul akan menguap (proses evaporasi) dan menempel pada permukaan plastik yang bergerak dengan kecepatan tinggi dan didinginkan dengan cepat sehingga membentuk lapisan tipis di seluruh plastik. Kualitas hasil pelapisan aluminium pada plastik dilihat dari ketebalan lapisan metal dan kerapatan lapisannya, produk yang berkualitas akan mempunyai tebal dan kerapatan yang konsisten. Oleh karena itu pengukuran ketebalan lapisan metal dalam proses metalisasi perlu dilakukan untuk memperoleh ketebalan sesuai dengan permintaan konsumen PT. Tomoko Daya Perkasa.

Setiap konsumen PT. Tomoko Daya Perkasa menghendaki lapisan yang berbeda-beda dan kerataan lapisan yang konsisten. Oleh karena itu ketebalan lapisan metal hasil proses metalisasi sangat penting untuk memenuhi kebutuhan konsumen, ketebalan lapisan metal juga mempengaruhi biaya produksi.

Mengawasi kualitas produksi pada proses metalisasi plastik secara manual jelas sangat tidak ideal, oleh karena itu di butuhkan suatu alat yang mampu mengukur ketebalan lapisan metal pada plastik yang mampu mengukur langsung pada saat proses metalisasi (*Online*), sehingga diperlukan suatu teknik kendali pada Mesin Metallizing sehingga dapat mengukur ketebalan proses metalisasi sesuai yang diharapkan yang selanjutnya dapat diperoleh kualitas produksi yang berkualitas karena jika terjadi kesalahan proses metalisasi dapat langsung diketahui serta langsung dapat teratasi mengakibatkan hasil produksi dapat selalu terkendali sesuai yang diharapkan.

Data yang diperoleh saat studi lapangan di PT. Tomoko Daya Perkasa bahwa jenis plastik yang sering dilakukan pelapisan aluminium / peroses metalisasi adalah jenis plastik yang disebutkan Tabel 2 di bawah ini:

Sumber Data : PT. Tomoko Daya Perkasa

Tabel 2. Jenis plastik konsumen pt.tomoko daya perkasa

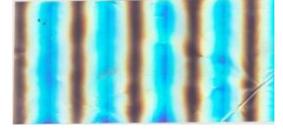
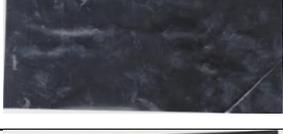
JENIS PLASTIK/KETEBALAN	KETEBALAN LAPISAN	RESISTENSI (OHM/Square)	KETEBALAN LAPISAN
PET / 12 MICRON	250 ANGSTROM	1.29	2.63 OD
PET / 12 MICRON	300 ANGSTROM	1.04	2.71 OD
PET / 12 MICRON	400 ANGSTROM	0.75	3.18 OD
OPP / 25 MICRON	250 ANGSTROM	1.29	2.63 OD
OPP/ 30 MICRON	250 ANGSTROM	1.29	2.72 OD
OPP / 30 MICRON	300 ANGSTROM	1.04	2.84 OD
OPP / 25 MICRON	250 ANGSTROM	1.29	2.62 OD
CPP /25 MICRON	250 ANGSTROM	1.29	2.65 OD
OPP/ 40 MICRON	251 ANGSTROM	1.29	2.66 OD

(Sumber Data : PT.Tomoko Daya Perkasa)

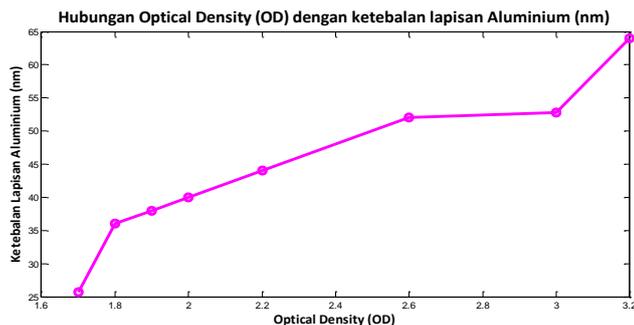
### Analisis perhitungan ketebalan lapisan tipis aluminium

Penelitian ini mengambil beberapa sampel plastik (8 sampel plastik) dengan ketebalan yang berbeda untuk dilakukan analisis perhitungan sertadigunakan pengujian alat pengukur ketebalan lapisan yang akan dirancang. Analisis perhitungan ini dilakukan untuk memperoleh akurasi pengukuran alat dengan cara membandingkan hasil analisis perhitungan, pengukuran dari OD-Meter serta hasil pengukuran alat pengukur ketebalan lapisan metal yang dirancang untuk dipasang di mesin Metallizing PT. Tomoko Daya Perkasa. Kedelapan plastik tersebut telah diukur ketebalan lapisannya dengan OD-Meter, sampel plastik oleh operator mesin Metallizing digunakan memantau ketebalan lapisan metal saat proses metalisasi. Hasil analisis data dipeoreh data diperlihatkan Tabel 3.

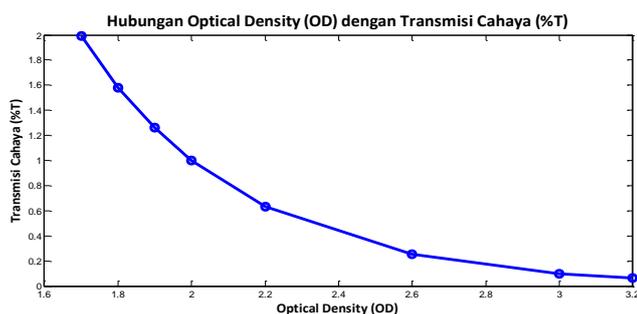
Tabel 3. Hasil analisis perhitungan ketebalan lapisan tipis aluminium

NO	Jenis Plastik (Sampel dari PT.Tomoko)	Ketebalan (OD-Meter)	%T	Ketebalan (nm)	Resistansi ( $\Omega$ /square)
1		1,7	1,99	25,7	1,1
2		1,8	1,58	36	0,76
3		1,9	1,26	38	0,72
4		2,0	1	40	0,69
5		2,2	0.631	44	0,62
6		2,6	0.2512	52	0,53
7		3,0	0,1	52,8	0,52
8		3,2	0.0631	64	0,43

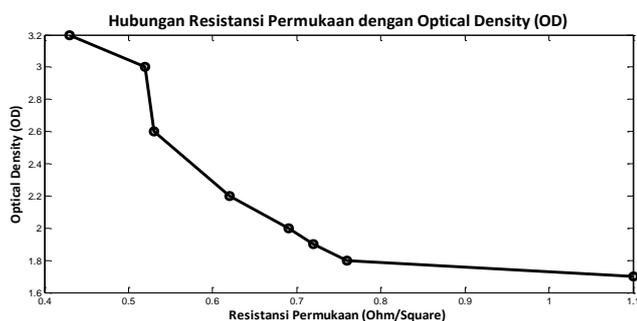
Hasil analisis perhitungan beberapa besaran yang berhubungan dengan ketebalan lapisan aluminium/film metal pada plastik ditunjukkan Tabel 3, dari data perhitungan diperoleh hal tentang hubungan antara besaran-besaran yang berkaitan dengan pemantauan ketebalan lapisan aluminium hasil proses metalisasi yang diperlihatkan berupa grafik di Gambar 3 hingga Gambar 5.



Gambar 3. Hubungan *optical density*-ketebalan lapisan tipis aluminium



Gambar 4. Hubungan *optical density* - %transmisi cahaya



Gambar 5. Hubungan resistansi permukaan – *optical density*

Grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 3 memperlihatkan semakin besar ketebalan lapisan aluminium mengakibatkan nilai kerapatan optis (*optical density*) semakin besar pula sebaliknya, ketebalan lapisan yang semakin tipis memiliki OD yang semakin kecil. Plastik yang digunakan sebagai sampel memiliki kerapatan optis (OD) 1,7 – 3,2 ketebalan lapisan pada kondisi OD tersebut 25,7 – 64 nm (nano meter).

Dengan menggunakan hukum Beer-Lamber menyatakan bahwa *absorbance (optical density)* merupakan rasio logaritmik dari intensitas radiasi yang dipaparkan ke suatu bahan ( $I_0$ ) terhadap intensitas radiasi yang ditransmisikan menembus bahan. ( $I$ ) diperoleh hubungan lapisan aluminium dengan kerapatan optis (OD) yang besar maka %T semakin kecil sebaliknya lapisan aluminium yang memiliki kerapatan optis (OD) kecil semakin besar %T nya seperti diperlihatkan Gambar 4.

Gambar 5 menunjukkan grafik hubungan antara resistansi permukaan pada lapisan tipis aluminium hasil proses metalisasi, semakin besar nilai resistansi permukaan lapisan aluminium memiliki kerapatan optis (OD) kecil, sebaliknya lapisan aluminium dengan kerapatan optis (OD) besar resistansi permukaan kecil. Data pada Tabel 2 plastik dengan kerapatan optis (OD) 1,7 – 3,2 resistansi permukaannya menurun dari 1,1 – 0,43 ohm/square. Adapun perhitungan resistansi permukaan pada lapisan tipis aluminium sebagai berikut:

Besarnya nilai resistansi permukaan lapisan metal (*surface resistance*) dapat dihitung melalui

$$R_s = \frac{\text{Resistivity } (\mu\Omega \text{ cm})}{\text{thickness}(t)} \tag{9}$$

$R_s$  = surface resistance (ohm/square)

Adapun nilai *resistivity* besarnya tergantung material yang digunakan dalam proses metalisasi yaitu Aluminium (Al) dan suhu, Tabel 5. Penelitian diasumsikan pada suhu 293°K sehingga *resistivity* aluminium 2,74.

Tabel 5. *Resistivity aluminium*

Suhu (K)	Resistivity (Ohm/square)
295	2,74
273	2,50
250	2,24

### Kesimpulan

Dengan menggunakan hukum Beer-Lambert dilakukan analisis perhitungan terhadap 8 sampel plastik dengan ketebalan yang berbeda (1,7 OD; 1,8 OD; 1,9 OD; 2,0 OD; 2,2 OD; 2,6 OD; 3,0 OD dan 3,2 OD) menunjukkan bahwa lapisan tipis aluminium :

1. Kerapatan optis (*optical density*) besar maka %T (*%transmittance*) semakin kecil sebaliknya lapisan yang memiliki kerapatan optis (OD) kecil semakin besar %T nya
2. Ketebalan lapisan semakin besar mengakibatkan nilai kerapatan optis (*optical density*) semakin besar pula jika ketebalan lapisan tipis nilai OD kecil,
3. Lapisan dengan nilai OD kecil memiliki resistansi permukaan yang besar sebaliknya lapisan dengan OD besar resistansi permukaan kecil.

### Ucapan Terima Kasih

1. Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat . Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi. Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, yang telah membiayai Penelitian Produk Terapan Tahun 2017 dengan judul “Perancangan Teknik Kendali Mesin Metallizing Guna Meningkatkan Kualitas Proses Pelapisan Aluminium Foil Pada Plastik”
2. PT.Tomoko Daya Perkasa Metallizing Industri sebagai Mitra Penelitian Produk Terapan Tahun 2017

### Daftar Pustaka

- Akram, H. (2014). “Selection of Precise Vacuum Pumps for the Syatems with Diverse Vacuum Ranges”. *Global Journal OF Researches in Engineering Mechanical and Mechanics Engineering*, 1-8
- Bishop, C. A., & Mount III, E. (2012). “Metallizing Technical Reference. In AIMCALL”, *AIMCALL* (p. 299). The Association of International Metallizers, Coatersand Laminators
- Copeland, N. J., & Astbury, R. (2010). “Evaporated Aluminium on Polyester optical electrical and barrier properties as a function of thickness and time”. *AIMCAL TECHNICAL CONFERENCE 2010* (pp. 1-18). -: General Vacuum Equipment
- Hithaish, D., Allad, V. J., Kumar, N., & B, K. (2016), “Deposition and Characterization of Aluminium (AL) and Aluminium Oxide (AL2O3) Thin Film Coatings Using Physical Vapour Deposition Methods” *International Journal of Research in Aeronautical and Mechanical ENGINEERING*, 2321-3051
- Lindner, M., & Schmid , M. (2017), “Thickness Measurement Methods for Physical Vapor Deposited Aluminium Coatings in Packaging Application”. *Coating*, 1-32
- Ludwig R.,Hans G.L., Gerd H., Applied Materials, Germany Web Coating Group (2010),”Production Proven Vacuum Web Coating System with High Process Flexibility for Robust and Environmentally Friendly Transparent Barriers”, *AIMCAL Fall Technical Conference 2010*, October 17-20,2010, Myrtle Beach, SC USA
- Manuela Lamberti, F. E. (2007). Aluminium Foil as a Food Packing Material in Comparison with other Materials. *Food Reviewers Internatuonal*, 407-433
- Marsh, K., & Bugusu, B. (2007 Vol 72). Food Packing Roles, Material and Environmental Issues. *Journal of Food Science*, 39-58