

# Menentukan Parameter Model Cauchy untuk A (1,587) Konstan Bahan Polistirena

Dzarril Maulidiyah<sup>1</sup>, D. J. Djoko H Santjojo<sup>1</sup>, Mauludi A Pamungkas<sup>1</sup>, Ubaidillah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika FMIPA Univ. Brawijaya

Email: mdzarril@gmail.com

## Abstract

Dalam jurnal ini akan dilaporkan mengenai hasil karakterisasi optik lapisan tipis polistirena dengan metode Ellipsometri. Berdasarkan model Dispersi Cauchy yang digunakan sebagai model untuk menunjukkan hubungan dispersi normal bahan transparan seperti Polistirena. Metode komputasi yang dibangun pada penelitian ini parameter Cauchy maupun ketebalan  $d$  dari bahan Polistirena dapat diprediksi, dengan  $A$  konstan sebesar 1,587 untuk bahan Polistirena dengan Pelarut Toluena  $B = 45560,60366$ ;  $C = -68,850229$ ;  $d = 5,743782$  dan  $\text{error} = 0,10828$ . Sedangkan untuk pelarut Xilena  $B = 19,155923$ ;  $C = -56,078811$ ;  $d = 0,1 \times 10^{-5}$  dan  $\text{error} 2,2916$ . Hasil dengan pelarut berbeda saat  $A$  konstan menunjukkan perbedaan indeks bias dan ketebalan yang juga mempengaruhi keadaan polarisasi cahaya.

Kata kunci : Ellipsometri, model Cauchy, ketebalan

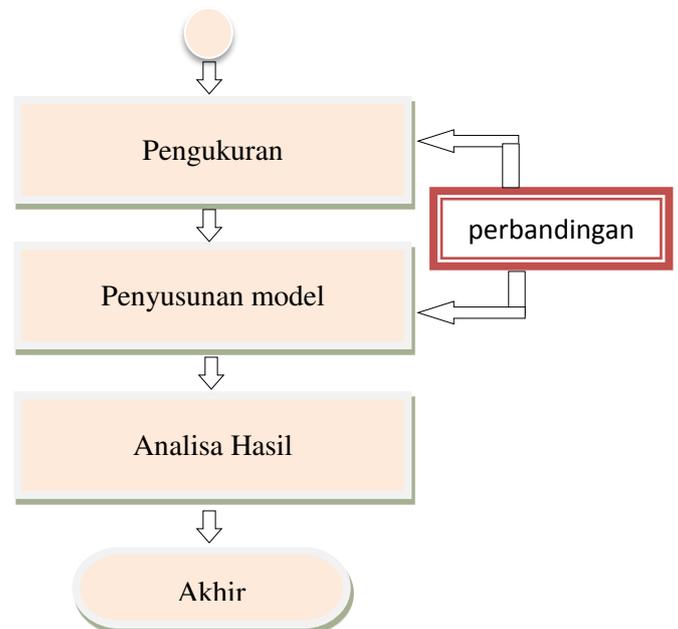
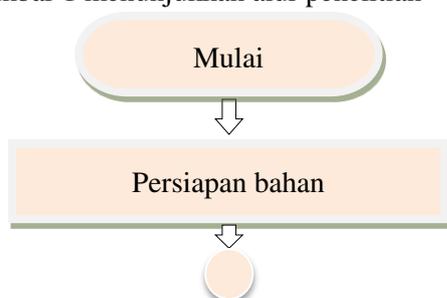
## Pendahuluan

Karakterisasi properti optik dari bahan Polistirena dapat dilakukan dengan metode Ellipsometri. Teknik tersebut merupakan teknik in-situ artinya tanpa merusak bahan karena merupakan teknik non-desktruktif [Piel,2008]. Saat data spektroskopis tersedia maka dibuat model properti optik dari sebuah lapisan dengan menggunakan model dispersi. Untuk layar transparan model Cauchy merupakan model dasar (Arwin, 2005). Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan metode inversi untuk menghitung indeks bias kompleks  $N$  polistirena dalam susunan microspheres dengan panjang gelombang 370 hingga 1610 oleh Xiaoyan dkk pada tahun 2003. Penelitian tersebut didasarkan pada pengukuran reflektansi dan transmitansi dan pemodelan Monte Carlo yang dihubungkan dengan teori Mie. Hasilnya pengaruh panjang gelombang terhadap indeks bias real dapat difitting dengan hubungan dispersi Cauchy (Ma *et al.*, 2003).

Dipilih model Cauchy untuk memodelkan respon bahan Polistirena terhadap cahaya. Dari nilai parameter Cauchy diprediksi diperoleh hasil fitting model yang menunjukkan hubungan indeks bias terhadap panjang gelombang.

## Metode

Gambar 1 menunjukkan alur penelitian

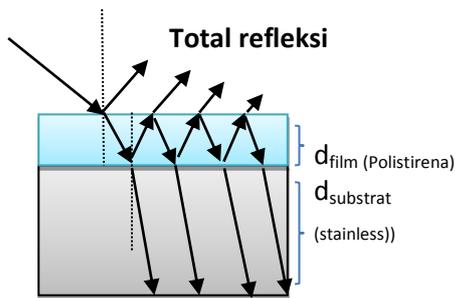


Gambar 1 Diagram Penelitian

Langkah – langkah yang dilakukan pada penelitian ini berdasarkan Gambar 1, yaitu:

1. Persiapan bahan yang terdiri atas : Pemotongan bahan stainless, penghalusan stainless dengan kertas gosok, pemolesan dengan kompon, pembuatan larutan (Toluena dan Xilena), dan terakhir dari tahap ini adalah proses deposisi dengan teknik *spin coating*.
2. Pengukuran properti optik polistirena pada penelitian ini menggunakan alat ellipsometer SpecEl2000-Vis yang dimiliki oleh Laboratorium Sentral FMIPA Universitas Negeri Malang. Ellipsometer jenis ini sudut datang sinar terhadap sumbu normal ( $\theta$ ) adalah sama dengan sudut pantul sinar sebesar  $70^0$ . Sumber sinar berupa laser He-Ne (Helium-Neon) dengan panjang gelombang  $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ .
3. Penyusunan model yang terdiri atas model optik dan model matematis.

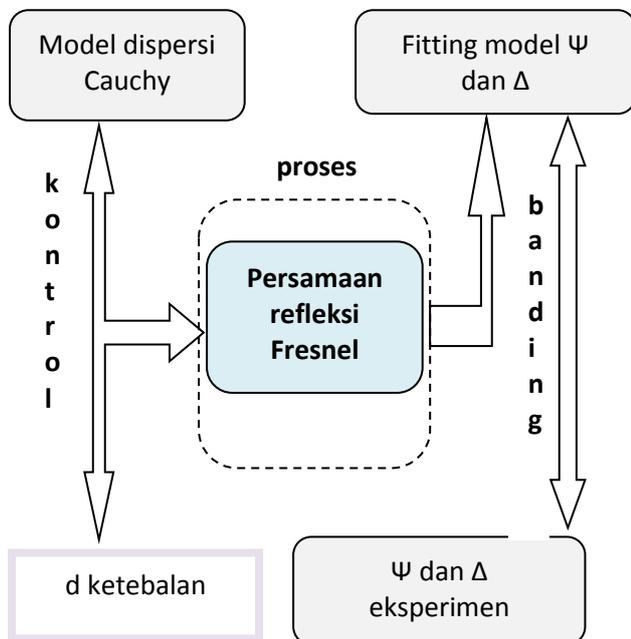
a. Model optik yang dibangun dalam penelitian ini adalah seperti pada Gambar 2 :



Gambar 1 Model optik yang digunakan dalam analisis Spectroscopy Ellipsometry

Model optik digunakan untuk menggambarkan fenomena optik yang terjadi berdasarkan susunan sampel yang dibuat, terdiri dari: lapisan 1 merupakan film(Polistirena) dan lapisan 2 merupakan substrat(stainless). Intensitas cahaya yang ditangkap oleh detektor ellipsometer merupakan intensitas total cahaya terpolarisasi yang direfleksikan oleh bahan polistirena.

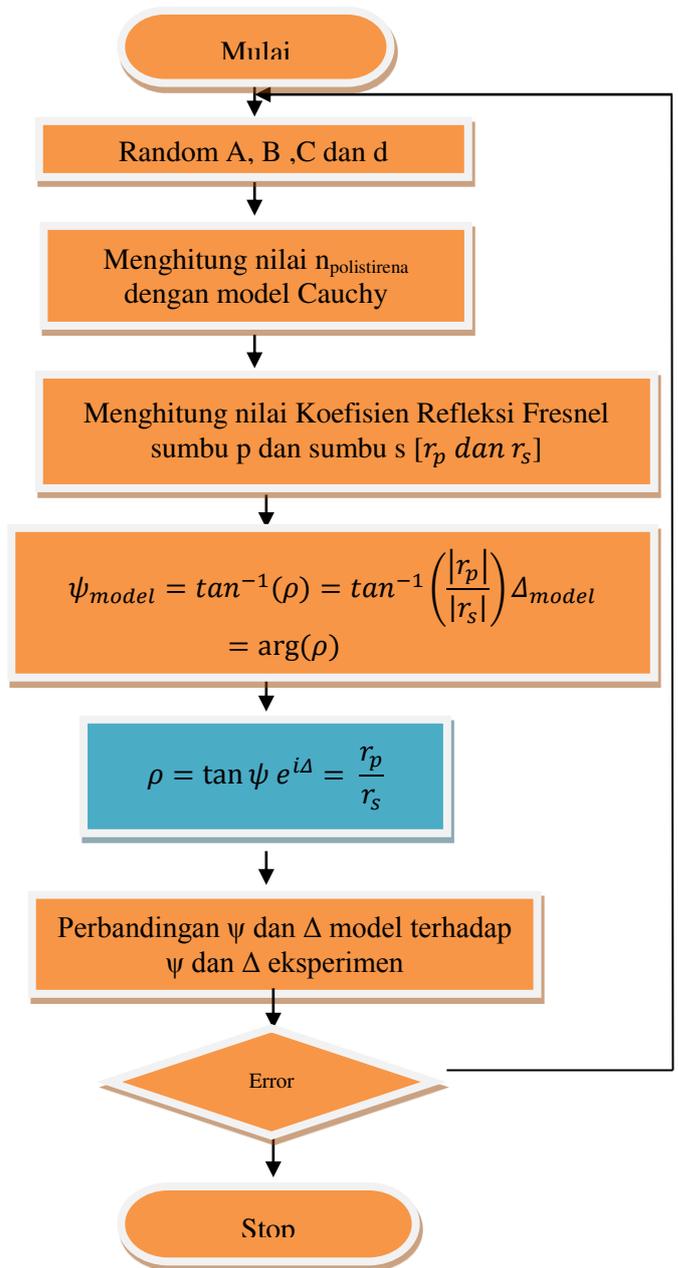
b. Model Matematis Cauchy dan persamaan refleksi Fresnel  
Berikut ini adalah skema pada pemodelan matematis Cauchy dengan menggunakan persamaan refleksi Fresnel.



Gambar 3 Skema Pemodelan Cauchy dan Parameter Ellipsometri

4. Komputasi

Berikut adalah tahapan komputasi yang dilakukan dalam pemodelan.



Gambar 2 Tahapan Komputasi dari pemodelan Cauchy dan Persamaan refleksi Fresnel

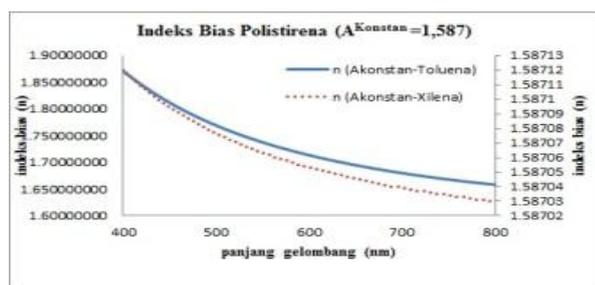
Berikut ini adalah penjelasan lebih lengkap mengenai pemodelan Cauchy dan parameter ellipsometri.

1. Menentukan nilai A, B dan C yang merupakan parameter dari model Cauchy.
2. Dari parameter Cauchy tersebut dihitung nilai indeks film polistirena untuk tiap panjang gelombang.
3. Berdasarkan model optik seperti pada gambar 3.4 dihitung intensitas cahaya yang dipantulkan berdasarkan persamaan refleksi Fresnel (persamaan 2.10).
4. Dalam permasalahan ini sampel berupa film/lapisan tipis polistirena. Maka nilai n0 (indeks bias udara) adalah 1 dan n2 (indeks bias substrat/stainless) adalah 2,77 (Anonymous, 2014). Sedangkan untuk n1

(indeks bias film/lapisan tipis polistirena) diperoleh dari model dispersi Cauchy.

5. Untuk sudut sinar datang  $\theta_0$  merupakan besar sudut datang saat eksperimen yaitu  $70^\circ$ . Sudut refraksi medium 1 (film/lapisan tipis polistirena) dan sudut refraksi medium 2 (substrat/stainless) dapat dihitung dengan menggunakan hukum snellius (persamaan 2.5).
6. Menghitung koefisien refleksi Fresnel sumbu p ( $r_p$ ) dan sumbu s ( $r_s$ ) yang merupakan parameter dalam ellipsometri ( $\rho$ ).
7. Dari parameter ellipsometri ( $\rho$ ) menghasilkan sebuah nilai koefisien refleksi kompleks.
8. Berdasarkan penjelasan no. 7 maka  $\Psi$  merupakan amplitudo koefisien refleksi. Jika dimasukkan ke dalam koordinat polar maka amplitudo dari koefisien refleksi yang kompleks dapat dihitung dengan persamaan 2.13.
9. Sedangkan  $\Delta$  merupakan beda fase antara gelombang yang direfleksikan sumbu p dan sumbu s. Berdasarkan nilai koefisien refleksi yang kompleks maka  $\Delta$  merupakan sudut yang terbentuk antara bagian real dan imajiner dari koefisien refleksi kompleks. Dengan kata lain  $\Delta$  merupakan argumen dari parameter terukur dalam pengukuran ellipsometri ( $\rho$ ). Penjelasan tersebut dapat dituliskan secara matematis seperti persamaan 2.14.
10. Dari  $\Psi$  dan  $\Delta$  model dihitung error rata - rata terhadap  $\Psi$  dan  $\Delta$  eksperimen dengan perhitungan RMSE.
11. Jika nilai error lebih besar dari error sebelumnya maka nilai A, B dan C dirandom kembali.
12. Sedangkan jika error lebih kecil dari pada error sebelumnya maka nilai A, B dan C tersebut yang digunakan.
13. Dilakukan juga prediksi d ketebalan terhadap indeks bias dan parameter ellipsometri model.

## Hasil dan Pembahasan

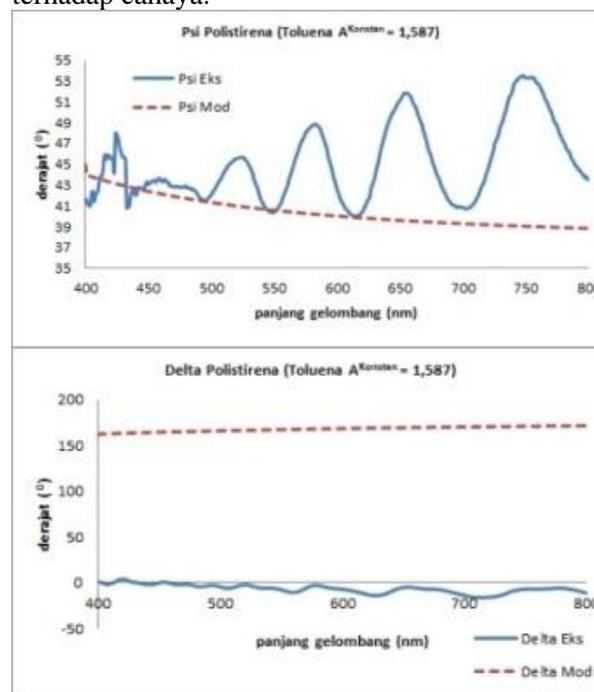


Gambar 3 Indeks Bias Polistirena (pelarut Toluena dan Xilena) A konstan

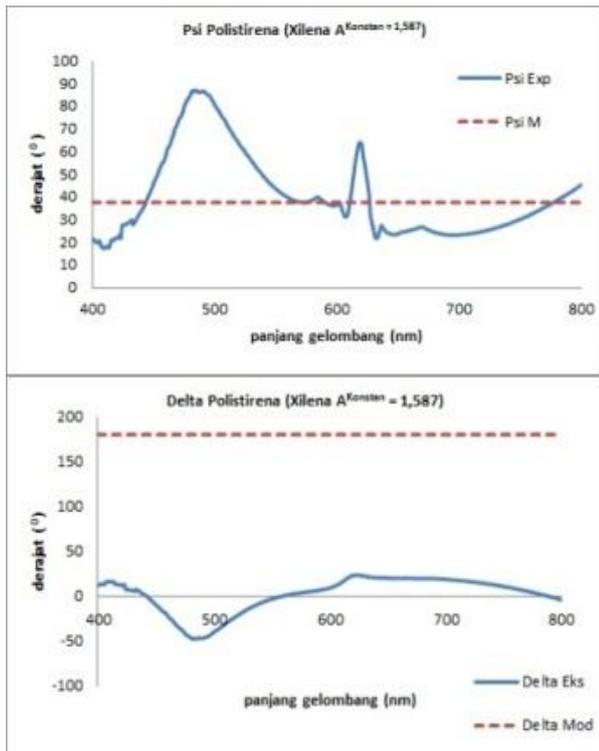
Berikut ini adalah tabel 1 menunjukkan hasil fitting parameter model Cauchy saat A konstan.

Konstanta	Parameter Fitting	
	T(A <sup>Konstan</sup> =1,587)	X(A <sup>Konstan</sup> =1,587)
A	1.587	1.587
B	45560.60366	19.155923
C	-68.850229	-56.078811
d	5.743782	0.000001
RMSE	0.10828	2.2916

Berdasarkan tabel 1 saat A konstan dengan nilai 1,587 (Anonymous, 2014) diperoleh prediksi ketebalan untuk bahan polistirena dengan pelarut Toluena sebesar 5,473 nm. Sedangkan untuk bahan polistirena dengan pelarut Xilena prediksi ketebalan bernilai  $0,1 \times 10^{-5}$  nm. Dengan perbedaan nilai tersebut maka respon bahan polistirena yang ditulis sebagai indeks bias bahan polistirena dengan pelarut Toluena menunjukkan respon perubahan yang besar (dalam skala 2 angka dibelakang koma). Sedangkan respon perubahan bahan Polistirena dengan pelarut Xilena terhadap perubahan panjang gelombang masih dalam skala yang cukup kecil yaitu 5 angka dibelakang koma. Pada kasus ini grafik indeks bias dari bahan Polistirena dengan pelarut Xilena lebih menurun dibanding dengan pelarut Toluena seperti gambar 4. Hal ini disebabkan oleh kombinasi dari 3 parameter Cauchy berupa A, B dan C yang mempengaruhi respon material terhadap cahaya.



Gambar 5 Data pengukuran dan fitting model parameter ellipsometri pelarut Toluena :  $\psi$  dan  $\Delta$  (A konstan)



Gambar 6 Data pengukuran dan fitting model parameter ellipsometri pelarut Xilena : (a)  $\psi$  dan (b)  $(A$  konstan)

Penjelasan respon bahan Polistirena dengan pelarut Toluena yang lebih besar terhadap cahaya, didukung oleh hasil pengukuran parameter ellipsometri. Terutama pada perbandingan amplitudo yang telah mengalami polarisasi  $\psi$  pada pelarut Toluena lebih fluktuatif dan fitting model juga menghasilkan range derajat polarisasi yang lebih besar dibanding pada pelarut Xilena. Sehingga respon bahan polistirena dengan pelarut Toluena memberikan perubahan yang

besar. Ditandai dengan perubahan indeks bias yang lebih besar terhadap cahaya setiap perubahan panjang gelombang. Respon tersebut juga ditunjukkan oleh perubahan derajat polarisasi dari perbandingan amplitudo cahaya  $\psi$  yang lebih besar dibanding pada pelarut Xilena seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5 dan 6. Sedangkan untuk beda fase yang mengalami polarisasi  $\Delta$ , menunjukkan hasil fitting model kurang lebih sama yaitu diantara  $150^\circ$  hingga  $180^\circ$ . Untuk hasil eksperimen bahan polistirena dengan pelarut Toluena juga menunjukkan hasil yang lebih fluktuatif. Untuk pelarut Xilena  $\Delta$  menunjukkan nilai yang cukup halus namun pada panjang gelombang tertentu terjadi penurunan nilai dan kenaikan. Hal ini juga terjadi pada  $\psi$  pelarut Xilena.

Saat  $A$  konstan baik bahan polistirena dengan pelarut Toluena maupun Xilena menunjukkan derajat perbandingan amplitudo yang mengalami perubahan derajat perbandingan amplitudo yang telah dipolarisasi saat  $A$  konstan  $45^\circ$  hingga  $39^\circ$ . Sedangkan saat ketebalan konstan Range derajat perbandingan amplitudo yang telah dipolarisasi adalah antar  $55^\circ$  hingga  $41^\circ$ .

## Simpulan

Dari metode komputasi yang dibangun diperoleh parameter Cauchy saat  $A$  konstan sebesar 1,587 untuk bahan Polistirena dengan Pelarut Toluena  $B = 45560,60366$ ;  $C = -68,850229$ ;  $d = 5,743782$  dan error = 0,10828. Sedangkan untuk pelarut Xilena  $B = 19,155923$ ;  $C = -56,078811$ ;  $d = 0,1 \times 10^{-5}$  dan error 2,2916.

## Daftar Pustaka

- Anonymous. 2014. *Index Refraction*. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/tables/indrf.html>. (Diakses tanggal : 17 Agustus 2014).
- Anonymous. 2014. *Refractive Index of Stainless Steel*. <http://www.filmmetrics.com/refractive-index-database/Stainless+Steel>. (Diakses tanggal : 17 Agustus 2014).
- Arwin, H. 2003. Ellipsometry on thin organic layers of biological interest: characterization and applications. *Thin Solid Films*. 2000;377:48–56.
- Ma, Xiaoyan *et al.* 2003. Determination of complex refractive index of polystyrene microspheres from 370 to 1610 nm. *Phys. Med. Biol.* 48(2003) 4165–4172.
- Phiel, J. 2008. *Introduction to Ellipsometry*. SOPRALAB.

