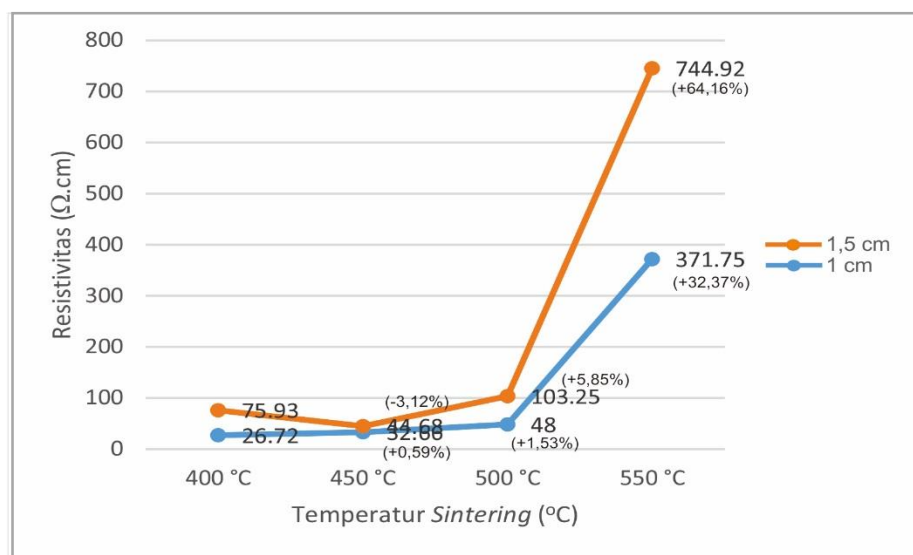


## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Analisis Konduktivitas Kaca FTO

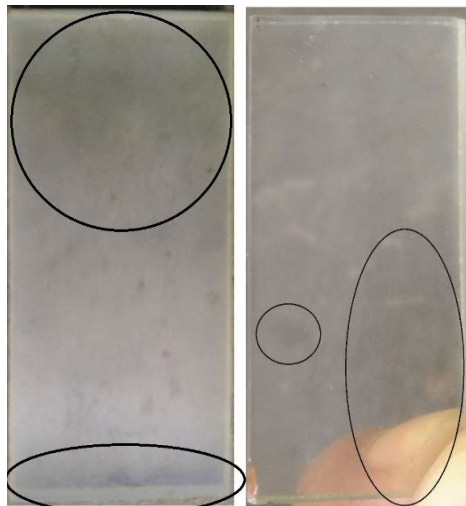
Konduktivitas adalah kemampuan untuk mengalirkan arus pada suatu material. Pada kaca FTO untuk mengetahui besarnya nilai konduktivitas maka terlebih dahulu mengukur nilai resistivitasnya, semakin kecil nilai resistivitas yang dimiliki oleh kaca FTO akan semakin tinggi nilai konduktivitasnya. Pengukuran nilai resistivitas pada kaca FTO menggunakan metode *four point probe* radius per 1 cm – 4 cm. Nilai resistivitas yang dihasilkan dipengaruhi oleh temperatur *sintering* dan ketinggian jarak cerobong pengionisasi dengan berbagai variasi seperti pada gambar 4.1 dibawah.



**Gambar 4.1.** Grafik hubungan nilai resistivitas dengan temperatur *sintering* dan ketinggian jarak cerobong pengionisasi pada kaca FTO yang letaknya berada dititik tengah cerobong pengionisasi.

Berdasarkan gambar 4.1 nilai resistivitas kaca FTO yang paling baik ditunjukkan pada temperatur *sintering* 400°C dan ketinggian jarak cerobong pengionisasi 1 cm yang memiliki nilai resistivitas 26,72 Ω.cm, hasil nilai resistivitas sudah sesuai standar sifat semikonduktor yaitu  $10^{-4}$  -  $10^9$  Ω.cm (Setiawan dkk, 2007). Penambahan temperatur *sintering* menjadi 450°C, 500°C, 550°C nilai resistivitas masing-masing 32,66 Ω.cm, 48 Ω.cm, 371.75 Ω.cm menunjukkan nilai resistivitas mengalami kenaikan setiap penambahan temperatur *sintering*, kenaikan nilai resistivitas ini disebabkan menguapnya larutan penyusun FTO karena temperatur *sintering* yang terus bertambah tinggi sehingga pembentukan lapisan film FTO menjadi kurang.

Perubahan nilai resistivitas pada ketinggian jarak cerobong pengionisasi 1,5 cm saat temperatur *sintering* 400°C resistivitas 75,93 Ω.cm kemudian dinaikan menjadi temperatur *sintering* 450°C resistivitas turun menjadi 44,68 Ω.cm, namun pada temperatur *sintering* 500°C naik kembali menjadi 103,25 Ω.cm, hal ini disebabkan pada temperatur *sintering* 450°C saat pembentukan lapisan film terhalang kurangnya konsentrat karena kendala pembentukan material dari fase liquid ke fase padat sehingga resistivitasnya turun.



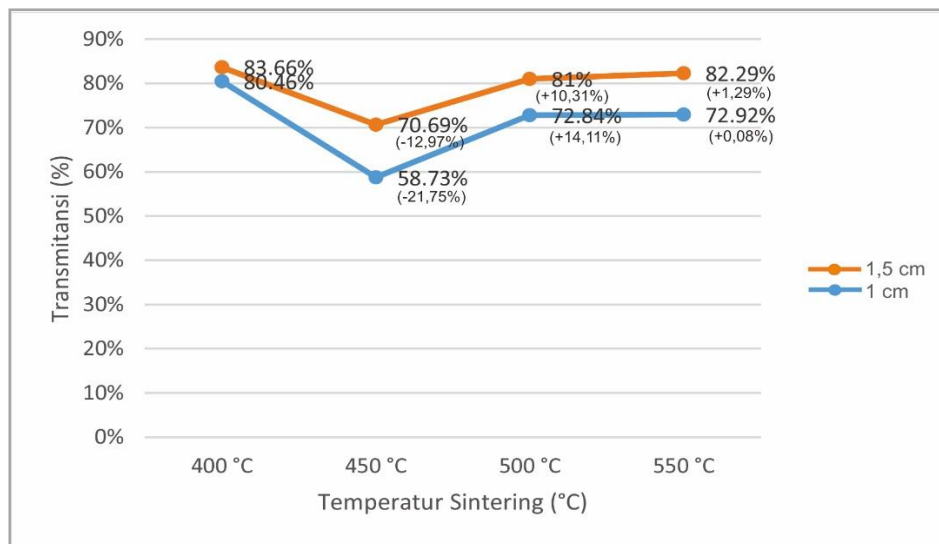
Pengaruh dari kendala pembentukan material dari fase liquid ke fase padat berdampak terhadap tidak meratanya lapisan FTO yang terbentuk pada permukaan kaca seperti pada gambar 4.2, permukaan kaca yang dilingkari lebih transparan dibandingkan yang tidak dilingkari.

**Gambar 4.2.** Kerataan lapisan film pada permukaan kaca FTO pada temperatur *sintering* 450°C

Berdasarkan gambar 4.1 nilai resistivitas kaca FTO pada temperatur *sintering* 400°C, 450°C, 500°C, 550°C dan ketinggian jarak cerobong pengionisasi ketika jaraknya 1 cm dan 1,5 cm nilai resistivitas masing-masing 26,72  $\Omega$ .cm, 32,66  $\Omega$ .cm, 48  $\Omega$ .cm, 371.75  $\Omega$ .cm dan 75,93  $\Omega$ .cm, 44,68  $\Omega$ .cm, 103,25  $\Omega$ .cm, 744,92  $\Omega$ .cm menunjukkan nilai resistivitas mengalami kenaikan setiap penambahan ketinggian jarak cerobong pengionisasi, ketinggian jarak cerobong pengionisasi berpengaruh pada kadar suplai O<sub>2</sub> untuk proses oksidasi. Kenaikan nilai resistivitas paling tinggi terjadi pada temperatur *sintering* 550°C ketika ketinggian jarak cerobong pengionisasi 1 cm yaitu 371.75  $\Omega$ .cm dan 1,5 cm menjadi 744,92  $\Omega$ .cm, hal ini dapat terjadi karena terlalu banyak suplai udara yang berpengaruh pada kadar O<sub>2</sub> untuk proses oksidasi dan karena FTO yang menguap pada temperatur 550°C sehingga kenaikan nilai resistivitas yang tinggi.

## 4.2. Analisis Transmittansi Kaca FTO

Transmittansi adalah kemampuan dari suatu material untuk meneruskan intensitas cahaya yang diterima. Intensitas cahaya yang mampu diteruskan oleh kaca FTO dapat digunakan untuk mengetahui nilai transmittansi sehingga dapat diketahui seberapa tinggi tingkat transparan yang dimiliki oleh kaca FTO yang dihasilkan, uji transmittansi kaca FTO menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis. Nilai transmittansi yang dihasilkan dipengaruhi oleh temperatur *sintering* dan ketinggian jarak cerobong pengionisasi dengan berbagai variasi seperti pada gambar 4.3 dibawah.



**Gambar 4.3.** Grafik hubungan nilai transmittansi dengan temperatur *sintering* dan ketinggian jarak cerobong pengionisasi pada kaca FTO yang letaknya berada dititik tengah cerobong pengionisasi.

Berdasarkan gambar 4.4 kaca FTO yang dihasilkan pada temperatur *sintering* 400°C dengan ketinggian jarak cerobong pengionisasi 1,5 cm menghasilkan nilai transmittansi paling tinggi sebesar 83,66%. Pada setiap

penambahan temperatur *sintering* menjadi 450°C, 500°C, 550°C ketika ketinggian jarak cerobong pengionisasi 1,5 cm nilai trasmitansi masing-masing 70,69%, 81% dan 82,29% menunjukkan nilai transmitansi menurun kemudian naik kembali, faktor yang mempengaruhi penurunan dan kenaikan transmitansi penambahan temperatur *sintering* karena saat pembentukan lapisan film terhalang kurang konsentrat karena kendala pembentukan material dari fase liquid ke fase padat yang berbeda-beda pada setiap penambahan temperatur *sintering*. Pada fabrikasi kaca FTO temperatur *sintering* digunakan untuk membuka pori-pori kaca agar kaca dapat terdeposisi FTO namun temperatur *sintering* yang tinggi juga berpengaruh terhadap permukaan kaca FTO yang terbentuk, seperti pada gambar 4.5 dibawah ini menunjukan permukaan kaca FTO pada temperatur *sintering* 550 °C yang rusak akibat temperatur *sintering* yang tinggi.



**Gambar 4.4.** Rusaknya permukaan kaca FTO pada temperatur *sintering* 550°C

Berdasarkan gambar 4.4 penambahan ketinggian jarak cerobong pengionisasi pada temperatur *sintering* 400°C, 450°C, 500°C, 550°C ketika jaraknya 1 cm dan 1,5 cm nilai transmitansi masing-masing 80,46%, 58,73%, 72,84%, 72,92% dan 83,66%, 70,69%, 81%, 82,29% menunjukkan nilai transmitansi kaca FTO mengalami kenaikan pada setiap penambahan ketinggian jarak cerobong pengionisasi, ketinggian jarak cerobong pengionisasi akan mempengaruhi kadar suplai O<sub>2</sub> pada proses oksidasi sehingga lapisan film yang terbentuk akan semakin tipis, demikian sebaliknya jika ketinggian jarak cerobong pengionisasi rendah dan kurang oksidasi maka lapisan film yang terbentuk akan lebih tebal dan nilai transmitansinya menjadi rendah.

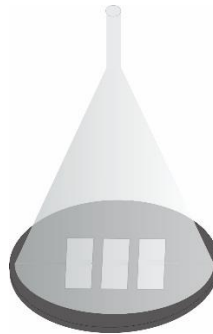
Pada temperatur *sintering* 400°C ketika ketinggian jarak cerobong pengionisasi 1 cm dan 1,5 cm kenaikan nilai transmitansinya yang paling rendah, hal tersebut dapat terjadi karena kadar kandungan O<sub>2</sub> pada udara yang berbeda-beda yang dapat mempengaruhi proses oksidasi sehingga berpengaruh terhadap terbentuknya ketebalan lapisan film yang menempel pada permukaan kaca FTO.



**Gambar 4.5.** Perbandingan kaca biasa dan kaca FTO temperatur *sintering* 400°C dan ketinggian jarak cerobong pengionisasi 1 cm

Berdasarkan gambar 4.6 diatas terlihat jelas perbedaan kaca biasa dan kaca FTO, kaca FTO sedikit lebih buram dari kaca biasa karena pada permukaan kaca sudah terdeposisi FTO sehingga menjadi lebih buram. Hasil perpaduan antara nilai resistivitas dan nilai transmitansi dari berbagai variasi temperatur *sintering* dan ketinggian jarak cerobong pengionisasi menunjukkan kaca FTO yang diperoleh pada temperatur *sintering* 400°C dan ketinggian jarak cerobong pengionisasi 1 cm merupakan kaca FTO yang terbaik dengan nilai resistivitas 26,72  $\Omega$ .cm dan nilai transmitansi 80,46%.

### 4.3. Analisis Sampel Kaca FTO



**Gambar 4.6.** Letak kaca pada saat fabrikasi kaca FTO

Kaca FTO yang dihasilkan dari temperatur *sintering* 400°C, 450°C, 500°C, 550°C dan ketinggian jarak cerobong pengionisasi 1 cm, 1,5 cm yang letak berada dititik tengah cerobong pengionisasi memiliki nilai resistivitas antara 26,72  $\Omega$ .cm – 744,92  $\Omega$ .cm dan nilai transmitansi antara 58,73% – 83,66%, sedangkan kaca FTO yang letaknya berada diluar titik tengah cerobong pengionisasi memiliki nilai resistivitas antara 80,33  $\Omega$ .cm – 4180,5  $\Omega$ .cm dan nilai transmitansi antara 28,85% – 96,951%. Dari perbandingan tersebut menunjukkan bahwa kaca FTO yang letaknya berada dititik tengah cerobong pengionisasi memiliki nilai resistivitas yang lebih rendah karena mengalami proses *sintering* dan ionisasi larutan yang lebih baik tetapi nilai transmitansi tidak maksimal karena dipengaruhi oleh suplai O<sub>2</sub> yang kurang untuk proses oksidasi, faktor lainnya yang mempengaruhi nilai resistivitas rendah karena letak kaca FTO tepat berada dibawah saluran lubang pengionisasi sehingga larutan yang sudah menjadi *droplet* terdeposisi lebih merata.

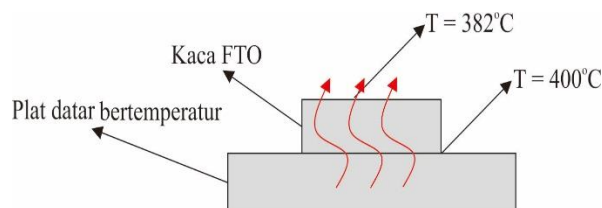
Kaca FTO yang letaknya berada diluar titik tengah cerobong pengionisasi nilai resistivitasnya lebih tinggi karena letak kaca yang berada tidak tepat pada



saluran lubang pengionisasi sehingga *droplet* terdeposisinya tidak merata dan nilai transmitansi yang tinggi dipengaruhi karena bersinggungan langsung dengan  $O_2$  dari lingkungan sehingga mengalami oksidasi yang tinggi karena suplai  $O_2$  berlebih, namun disatu sisi terdapat nilai transmitansi yang rendah karena kurangnya oksidasi. Suplai  $O_2$  dan letak posisi deposisi *droplet* dapat mempengaruhi besar kecilnya sifat optik kaca FTO.

#### 4.4. Proses Perpindahan Panas pada Fabrikasi Kaca FTO

Perpindahan panas yang terjadi pada fabrikasi kaca FTO adalah perpindahan panas secara konduksi, hal ini dibuktikan pada saat temperatur *sintering*  $400^\circ\text{C}$  dan ketinggian jarak cerobong 1 cm panas dari plat kolektor yang bertemperatur  $400^\circ\text{C}$  mengalir menuju ke kaca FTO menjadi temperatur  $382^\circ\text{C}$  seperti pada gambar 4.7 dibawah ini.



**Gambar 4.7.** Proses perpindahan konduksi pada fabrikasi kaca FTO

Perhitungan laju perpindahan panas dari plat datar bertemperatur ke kaca FTO sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Diket : Kaca FTO } p &= 40 \text{ mm} = 0,04 \text{ m} & T_1 &= 400^\circ\text{C} \\
 l &= 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m} & T_2 &= 382^\circ\text{C} \\
 x &= 3 \text{ mm} = 0,003 \text{ m} & K_{\text{kaca}} &= 0,96 \text{ W/m}^\circ\text{C} \\
 A &= p \times l = 0,04 \text{ m} \times 0,02 \text{ m} = 0,0008 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Ditan : Besar laju perpindahan panas dari plat datar bertemperatur ke kaca FTO ?

$$\text{Jawab : } \frac{q_k}{A} = k_{\text{kaca}} \left( -\frac{dT}{dx} \right)$$

$$q_k = K_{\text{kaca}} \cdot A \left( -\frac{dT}{dx} \right)$$

$$= 0,96 \text{ W/m}^\circ\text{C} \times 0,0008 \text{ m}^2 \times \left( -\frac{382^\circ\text{C} - 400^\circ\text{C}}{0,003 \text{ m}} \right)$$

$$= 4,608 \text{ Watt}$$

Jadi besar laju perpindahan panas dari permukaan plat datar ke kaca FTO adalah 4,608 Watt

#### 4.5. Pandangan Al Qur'an Terhadap Sifat Optik Kaca FTO

Segala puji bagi Allah SWT Tuhan seluruh alam, yang Maha pengasih Maha Penyayang, pemilik hari pembalasan, hanya kepada Engkaulah kami menyembah dan hanya kepada Engkaulah kami memohon pertolongan (surah Al Fatihah ayat 2-5). Allah SWT yang telah menurunkan Al-Qur'an kepada Nabi Muhammad SAW melalui perantara malaikat Jibril as, Al-Qur'an adalah petunjuk dan pedomanan bagi umat manusia untuk menjalani kehidupan di dunia agar tidak tersesat. Didalam Al-Qur'an Allah SWT telah menjelaskan beberapa perumpamaan kepada manusia agar manusia mau berpikir tentang suatu kejadian yang ada di dunia dan di akherat, salah satu kejadian yang terdapat didalam Al-Quran seperti pada surah An-Naml (27) ayat 44 Allah SWT berfirman :

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قِيلَ لَهَا ادْخُلِي الصَّرْحَ فَلَمَّا رَأَتْهُ حَسِبَتْهُ لُجَّةً وَكَشَفَتْ عَنْ سَاقِيهَا قَالَتْ إِنَّهُ صَرْحٌ مُّمَرَّدٌ مِّنْ قَوَارِيرَ قَالَتْ رَبِّ إِنِّي ظَلَمْتُ نَفْسِي وَأَسْلَمْتُ مَعَ سُلَيْمَانَ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ ﴿٤٤﴾

Artinya : “Dikatakan kepadanya: “Masuklah ke dalam istana”. Maka tatkala dia melihat lantai istana itu, dikiranya kolam air yang besar, dan disingkapkannya kedua betisnya. Berkatalah Sulaiman: “Sesungguhnya ia adalah istana licin terbuat dari kaca”. Berkatalah Balqis: “Ya Tuhanku, sesungguhnya aku telah berbuat zalim terhadap diriku dan aku berserah diri bersama Sulaiman kepada Allah, Tuhan semesta alam”

Surah An-Naml (27) ayat 44 menceritakan tentang ratu Balqis yang kafir (penyembah matahari) yang masuk ke istana nabi Sulaiman a.s untuk memenuhi panggilan nabi Sulaiman a.s, didalam istana lantainya terbuat dari kaca yang bening sekali, kemudian dibawahnya ada air tawar yang mengalir yang ada ikannya sehingga dikira oleh ratu Balqis adalah kolam air yang besar maka disingkapkannya kedua betisnya. Salah satu mukzizat yang terdapat pada kisah nabi Sulaiman a.s yaitu teknologi kaca yang digunakan oleh nabi Sulaiman a.s adalah teknologi kaca yang tinggi karena kaca tersebut memiliki sifat yang sangat bening, sama halnya seperti kaca FTO yang harus memiliki transmitansi yang tinggi dan bening, karena dengan kaca yang transparan atau bening kaca FTO dapat menyerap energi cahaya matahari lebih banyak.

Pada zaman dahulu Allah SWT telah memberikan mukzizat berupa kaca yang bening sekali kepada nabi Sulaiman a.s dan di era modern ini Allah SWT telah menunjukkan kebesarannya kepada umat manusia berupa kaca yang transparan dan konduktif yaitu kaca FTO, meskipun teknologi kaca yang dimiliki oleh kaca FTO masih kalah dengan kaca nabi Sulaiman a.s tetapi sudah berhasil meniru sifat transparan yang dimiliki oleh kaca nabi Sulaiman a.s walaupun belum terlalu transparan dan masih harus dikembangkan. Kedua kaca ini merupakan anugerah dari Allah SWT yang wajib di syukuri dan benar-benar terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang mengerti (surah An-Nahl ayat 12). Sehingga hikmah yang dapat diambil dari kaca nabi Sulaiman a.s yaitu kaca tersebut dapat menjadikan ratu Balqis yang sebelumnya kafir berubah menjadi seorang muslim dan beserah diri kepada Allah SWT, terciptanya kaca FTO semoga dapat diambil hikmahnya seperti kaca nabi Sulaiman a.s yaitu dapat menambah rasa takut, iman dan takwa kepada Allah SWT serta lebih menaati perintah-Nya dan menjauhi larangan-Nya aamiin ya rabbal alamin. وَاللَّهُ أَعْلَمُ بِالصَّوَابِ