

# Cacat Discolor Jalur ITO Pada Panel Touch Screen Sebagai Alat Antara Muka User dan Perangkat Elektronik

Saludin Muis<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Teknik Informatika; Universitas Bina Insani; Jl.Siliwangi No.6; e-mail: [saludin@binaisani.ac.id](mailto:saludin@binaisani.ac.id)

\* Korespondensi: e-mail: [saludin@binaisani.ac.id](mailto:saludin@binaisani.ac.id)

Diterima: 23 Maret 2021; Review: 29 Maret 2021; Disetujui: 2 April 2021, 176 -185

Cara citasi: Muis S. 2021. Cacat Discolor Jalur ITO Pada Panel Touch Screen Sebagai Alat Antara Muka User dan Perangkat Elektronik. Informatics for Educators and Professionals. Vol 5 (2): halaman 176 -185.

**Abstrak:** Touch screen adalah perangkat yang menggantikan fungsi papan ketik dan mouse sebagai alat antar muka antara end user dengan perangkat elektronik, dimana komunikasi antara end user dan perangkat elektronik dilakukan. Jalur konduktif pada panel touch screen dibangun dari bahan ITO yang transparan sehingga tidak mengganggu pandangan mata. Pada kondisi tertentu lapisan ITO dapat berubah warna (discolor) pada jalur Rx sehingga terlihat berwarna kecoklatan secara visual. Cacat discolor berkorelasi positif dengan polaritas elektrik dan dimensi panel, sedangkan variabel kelembaban dan residu larutan lain (termasuk suhu) sebagai pemicu dan pemercepat proses discolor.

**Kata kunci:** cacat discolor, elektrik polaritas, ITO, rx, touch screen.

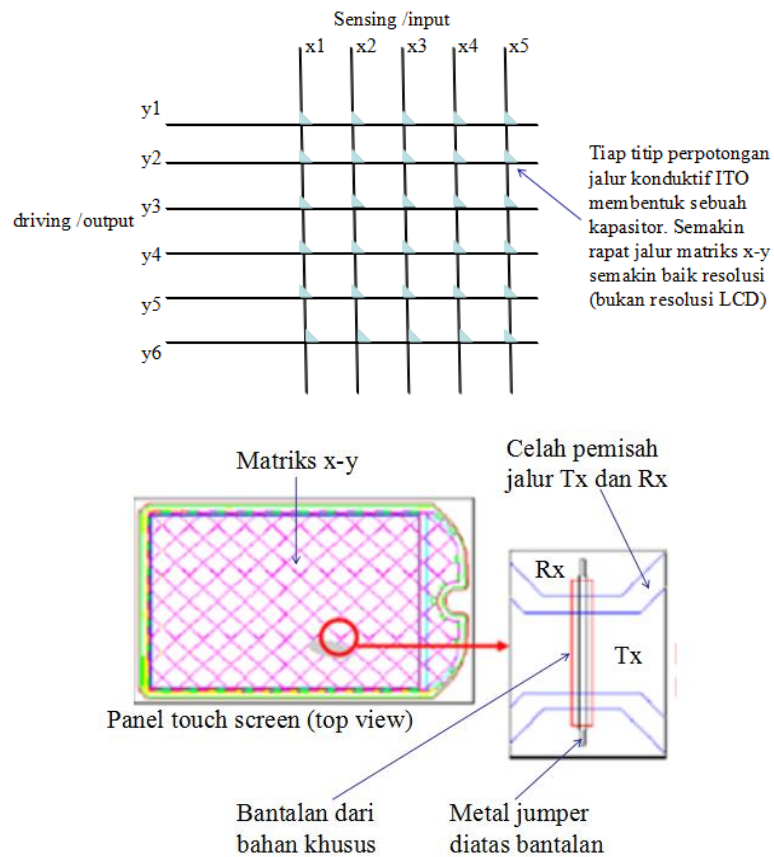
**Abstract:** Touch screen is a device that replaces keyboard and mouse functions as an interface tool between end users and electronic devices, where communication between end users and electronic devices is carried out. The conductive path on the touch screen panel is built from transparent ITO material so that it does not interfere with the eye. Under certain conditions the ITO layer can change color (discolored) on the Rx line so that it looks visually brownish. Discolor defects are positively correlated with electric polarity and panel dimensions, while humidity and other solution residue (including temperature) variables trigger and accelerate the discolor process.

**Keywords:** discolored defect, electric polarity, ITO, rx, touch screen.

## 1. Pendahuluan

Touch screen /layar sentuh jenis kapasitif yang dipakai produk kendaraan mobil (dimensi ukuran cukup besar) menggunakan struktur lapisan ITO yang disebut SITO (Single side ITO) [1,2,3], dimana titik-titik koordinat dibentuk dari matriks jalur x-y yang dipola dari bahan ITO (bahan logam dengan sifat transparan/tembus pandang) yang disputer [4,5,14,15,16] pada satu sisi permukaan lembaran kaca untuk membentuk sifat kapasitif pada koordinat matriks x-y [9,10,11]. Karena jalur x-y konduktif dari bahan ITO berada pada permukaan yang sama, maka diperlukan pemisahan jalur (bantalan) pada titik-titik persilangan yang membentuk sifat kapasitif dengan bahan khusus yang tidak bersifat konduktif, kemudian disambungkan kembali dengan jembatan penghubung (disebut metal jumper, gambar 1 dan gambar 2). Adapun sinyal palarikan/scanning dari perangkat elektronik pengontrol menginjeksi deretan sinyal pulsa kotak dengan duty cycle tertentu (gambar 3) lewat jalur y (disebut driving, Tx) dan diterima lewat jalur x (disebut jalur sensing, Rx) [8]. Lewat sinyal kontrol inilah perangkat elektronik pengontrol mendeteksi posisi pada permukaan panel touch screen yang tersentuh oleh obyek luar berupa jari maupun pena khusus.

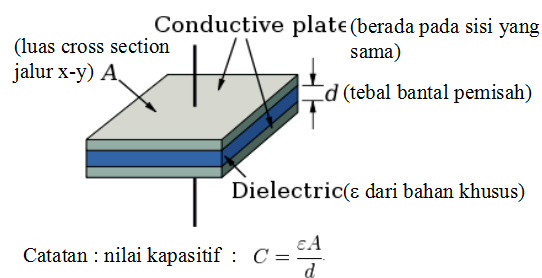
### Pembentukan Matriks x-y Pada Panel Touch Screen



Sumber: Hasil Penelitian (2021)

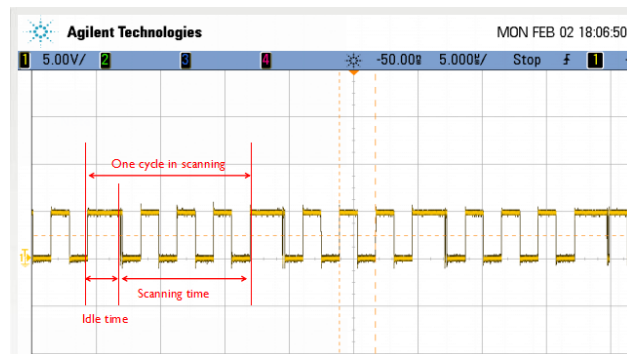
Gambar 1. Matriks x-y pembentuk koordinasi touch screen

### Struktur SITO pada produk touch screen Tesla



Sumber: Hasil Penelitian (2021)

Gambar 2. Struktur touch screen SITO yang membentuk sifat kapasitif



Sumber: Hasil Penelitian (2021)

Gambar 3. Sinyal kotak untuk pelarikan matriks x-y

Cara kerja modul touch screen cukup sederhana, perangkat elektronik pengontrol akan menginjeksi sinyal pelarikan pada tiap jalur ITO driving (y, Tx), kemudian dideteksi lewat jalur ITO sensing (x, Rx), jadi pada prinsipnya jalur x-y berupa lingkaran tertutup yang terkopel oleh sebuah “kapasitor” pada tiap titik perpotongan (tipe touch screen demikian disebut tipe kapasitif). Proses pendeteksian :

1. Selama waktu pelarikan (scanning time), semua kapasitor pada jalur driving terkait akan terisi (charge) muatan listrik.
2. Bila ada obyek luar baik berupa ujung jari ataupun pena khusus menyentuh permukaan touch screen, maka terjadi pembuangan (discharge) muatan listrik
3. Lewat perbedaan antara titik-titik yang seharusnya terisi muatan (kondisi normal) dan titik dimana terjadi pengosongan muatan listrik (kondisi tersebut oleh obyek luar), maka perangkat elektronik pengontrol yang terprogram (dikontrol secara perangkat lunak), mampu mendeteksi posisi koordinat pada matriks x-y yang tersentuh secara tepat.

Untuk poin ke 3 pada proses pendeteksian diatas, perlu memahami nilai kapasitor yang terbentuk oleh matriks x-y dan nilai resistansi dari tiap jalur ITO yang dilalui arus listrik (pulsa pengendali Tx) dimana hasil perkalian RC merupakan konstanta waktu  $\tau$ . Nilai kapasitor (gambar 2, persamaan 1) dan nilai resistansi (gambar 4, persamaan 2) sebagai berikut :

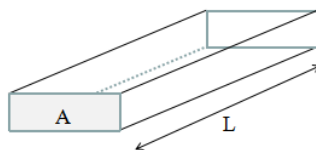
$$C = \epsilon A/d \text{ satuan Farad} \quad (1)$$

$$R = \rho L/A \text{ satuan Ohm} \quad (2)$$

$$\sigma = 1/\rho = n|e|\mu$$

$\sigma$  = konduktivitas,  $n$  = jumlah elektron bebas,  $\mu$  = mobilitas.

Jalur penghantar dengan resistivity  $\rho$ ,  
panjang  $L$  dan luas penampang  $A$

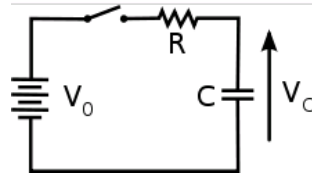


Catatan : nilai  $R = \rho L/A$

Sumber: Hasil Penelitian (2021)

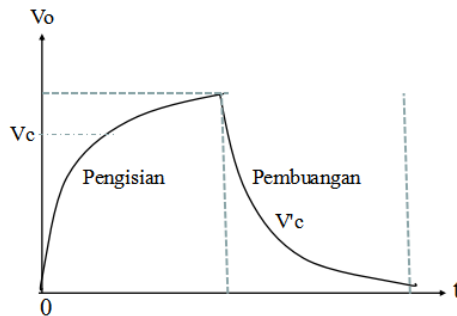
Gambar 4. Nilai resistansi suatu penghantar

Proses pengisian (persamaan 3) dan pembuangan muatan listrik (persamaan 4) oleh kapasitor dengan asumsi sinyal kotak ( $V_0$ ) dianggap sebagai level dc (arus rata). rangkaian kapasitor dan resistansi pada jalur matriks x-y disederhanakan pada gambar 5, sedangkan secara grafik untuk pengisian dan pembuangan muatan pada C diilustrasikan pada gambar 6.



Sumber: Hasil Penelitian (2021)

Gambar 5. rangkai RC pada matriks x-y



Sumber: Hasil Penelitian (2021)

Gambar 6. Grafik tegangan listrik  $V_c$  pada kapasitor

Selama waktu pengisian muatan :

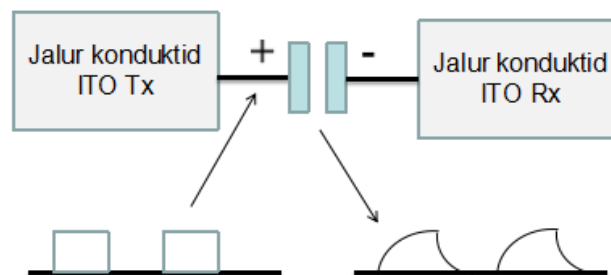
$$V_c = V_0 (1 - e^{-t/\tau}) \quad (3)$$

$$(1 - e^{-t/\tau}) = (t/\tau) - (t/\tau)^2/2! + (t/\tau)^3/3! - (t/\tau)^4/4! + \dots$$

Selama waktu pembuangan muatan :

$$V'_c = V_c e^{-t/\tau} \quad (4)$$

Pada kasus discolor, walaupun sampel tidak pada posisi tersentuh sebagaimana seorang user melakukannya, namun sampel dalam kondisi aktif ketika dilakukan RA test, artinya diumpan sinyal pulsa pengendali pada jalur Tx dan komponen kapasitor secara sirkuit adalah sebagai kopel antara jalur Tx dan Rx (gambar 7) sehingga pada elektroda (-), sinyal yang terlihat berfasa terbaik atau bergeser 180 derajat, dan sinyal tidak sepenuhnya berbentuk deretan pulsa kotak melainkan dipengaruhi oleh proses pengisian dan pengosongan kapasitor dengan konstanta waktu RC.

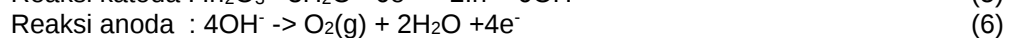
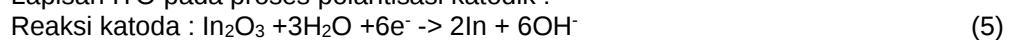


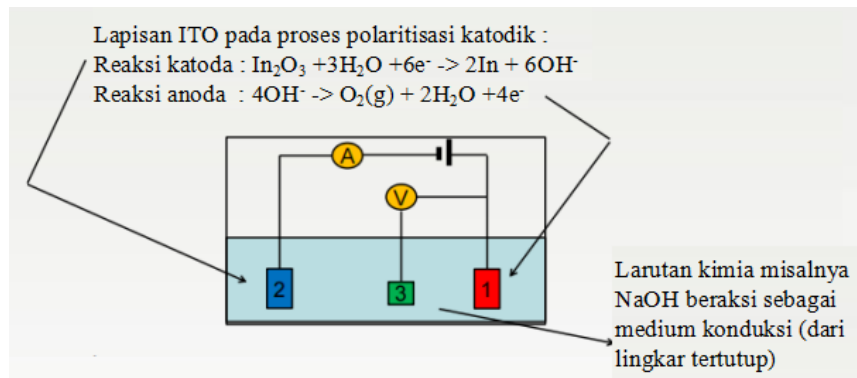
Sumber: Hasil Penelitian (2021)

Gambar 7. Kapasitor sebagai kopel antara Tx dan Rx

Pada kondisi tertentu dimana terdapat residu larutan atau embun air, kisi kapasitor yang terbentuk dari jalur ITO Tx dan Rx akan membentuk elektroda (+) dan (-) lingkaran tertutup (gambar 8) dan dengan bantuan arus elektrik, dapat menyebabkan bahan baku ITO ( $\text{In}_2\text{O}_3$ ) pada katoda dan anoda bereaksi menurut persamaan :

Lapisan ITO pada proses polaritisasi katodik :





Sumber: Hasil Penelitian (2021)

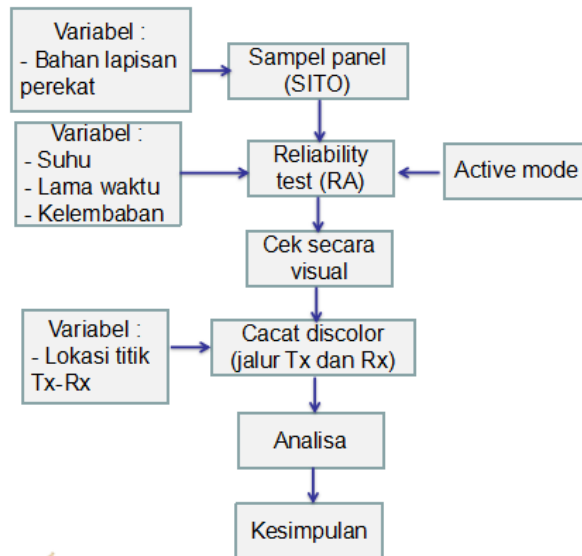
Gambar 8. Reaksi ITO ( $\text{In}_2\text{O}_3$ ) berkaitan dengan efek polarisasi elektrik

Dari persamaan (5) terlihat jelas bahwa akibat hadirnya embun air atau dalam bahasa teknis diartikan “proteksi kurang baik” sebagai konsekuensi dari dimensi permukaan panel screen yang relatif besar. Kisi katoda yang dalam hal ini adalah jalur konduktif ITO Rx akan secara visual terlihat berubah warna, walaupun nilai konduktivitas atau daya hantar elektrik tidak berubah signifikan.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian kasus. Menggunakan cara pengamatan visual (baik dengan mata telanjang maupun mikroskop optik) untuk mendeteksi cacat diskolor pada jalur konduktif ITO, dimana dalam hal ini panel atau modul *touch screen* hanya menunjukkan cacat discolor, tidak terdapat gejala kegagalan fungsi pada panel. Panel *touch screen* disini didefinisikan terdiri dari : (1). Sub-modul matriks x-y, berupa lapisan glass fungsi sentuh, dimana setelah digabungkan dengan kaca pelindung pada permukaan sisi terluar kaca pelindung, obyek luar (jari tangan atau pen khusus) dapat penyentuhnya untuk mengaktifkan efek “sentuh” terhadap modul *touch screen*. (2). Sub-modul perangkat elektronik pengontrol, terminal yang disambungkan ke sistem perangkat keras induk atau peralatan utama yang memanfaatkan modul *touch screen* sebagai alat antar muka ke end user. (3) Sub modul kaca pelindung, merupakan lapisan kaca yang diperkuat kekerasannya permukaan dan juga didesain mengandung berbagai tujuan lain. *Catatan : Antara kaca pelindung (terletak diatas, sisi luar) dan lapisan glass fungsi sentuh (terletak dibawah, sisi dalam) terdapat lapisan penyangkut yang disini disebut sebagai lapisan perekat.*

Hipotesis utama penyebab cacat discolor ditekankan pada polaritas elektrik (Tx dan Rx) karena secara visual, cacat discolor hanya terjadi pada jalur konduktif ITO yang dinyatakan sebagai Rx (sensing). Dengan demikian penelitian yang mengimplementasikan berbagai percobaan dengan variabel berbeda-beda diarahkan untuk mencari bukti pendukung penyebab terjadinya cacat secara visual yang diidentifikasi sebagai perubahan warna/ discolor. Walaupun secara fungsi, panel masih bekerja dengan baik sebagaimana mestinya, namun discolor pada panel *touch screen* dikategorikan sebagai cacat dan tidak dapat diterima oleh customer. Penelitian tidak hanya untuk menguatkan hipotesis utama bahwa polaritas elektrik yang terkait dengan sifat elektroda dan proses elektro-kimia yang mungkin terjadi [12] adalah sebagai penyebab utama cacat discolor, tetapi juga mencari variabel yang dapat menjadi pemicu sebagai hipotesis kedua (perlu kehadiran kedua faktor secara bersamaan untuk menciptakan cacat discolor) seperti adanya residu larutan tertentu baik dari proses maupun yang dibawa oleh lapisan senyawa perekat organik [6,7,13]. Adapun tahapan berikut :



Sumber : Hasil Penelitian (2021)

Gambar 7. Tahapan penelitian cacat discolor pada jalur Rx secara visual

Sampel panel yang cacat discolor dari customer (yang pada tahap analisa awal telah dibuktikan bahwa secara fungsi, panel masih bekerja normal, demikian pula struktur lapisan ITO tidak terjadi kerusakan, hanya terjadi cacat discolor yang mengganggu end-user secara visual) dikonfirmasi dengan sampel panel yang disiapkan dengan berbagai perlakuan beda (variabel beda) untuk tujuan cek silang, dengan cara menyimulasi cacat discolor yang sama untuk melihat variabel pengaruh.

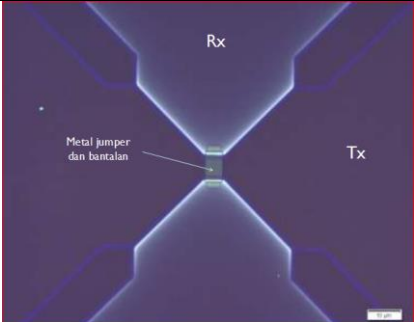
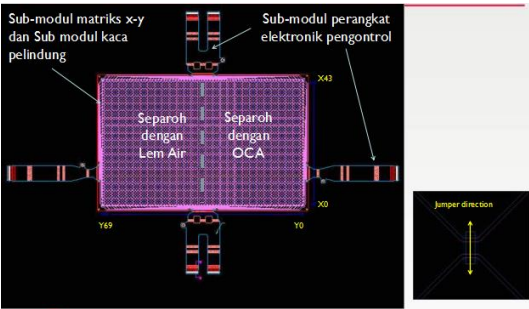
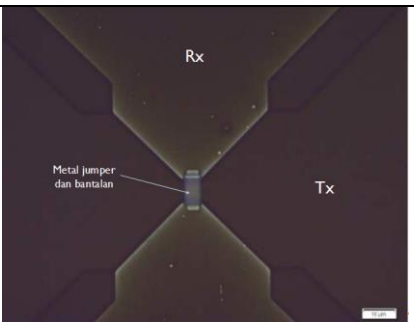
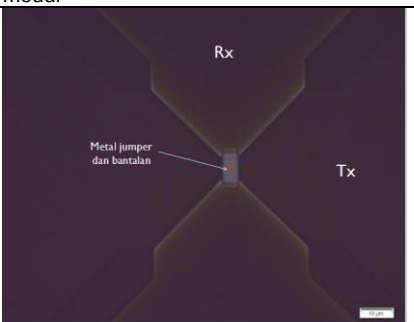
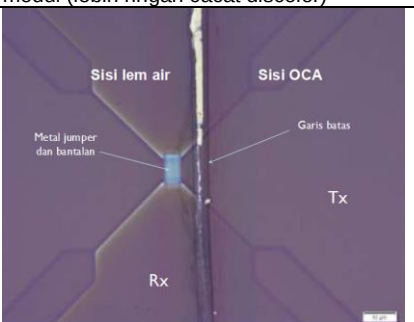
### 3. Hasil dan Pembahasan

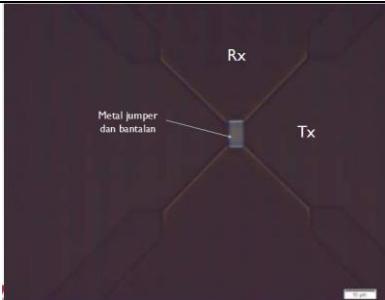
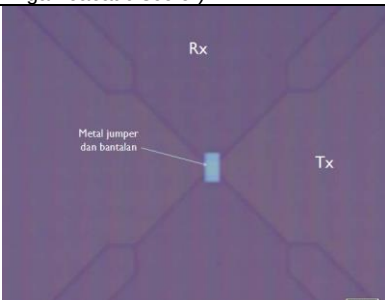
#### 1.1. Hasil

Data diambil sesuai dengan tahapan penelitian pada gambar 7, untuk meningkatkan pemaparan hasil dan pembahasan, maka hasil difokuskan kepada persiapan sampel dengan lapisan perekat dari bahan yang berbeda dengan perlakuan kondisi RA yang sama (percobaan dilakukan dengan cara perbandingan untuk kondisi RA yang sama, dimana panel touch screen dengan lapisan perekat yang berbeda di uji bersamaan). Perlu dicatat pula sebagai sumber data tambahan bahwa (1) Percobaan dengan mengubah parameter pembentukan lapisan ITO (jalur x-y) ternyata hasilnya negatif, dalam arti cacat discolor tidak bersumber dari ketidaksempurnaan pembentukan lapisan ITO, (2) Bentuk pulsa Tx berpengaruh positif terhadap cacat discolor.

Tabel 1. Persiapan Sampel Dengan Lapisan Perekat Dari Bahan Yang Berbeda Dengan Perlakuan Kondisi RA Yang Sama

| No | Nama Lapisan                       | Kedaaan Awal | Hasil Discolor                              |
|----|------------------------------------|--------------|---------------------------------------------|
| 1  | Lapisan perekat dari bahan lem air |              | <p>Sekeliling sisi luar atau tepi modul</p> |

| No | Nama Lapisan                                  | Keadaan Awal                                                                        | Hasil Discolor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                               |                                                                                     |  <p>Tengah-tengah modul (lebih ringan cacat discolor).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 2  | Lapisan perekat, separoh lem air, separoh OCA |  |  <p>Sisi lem air, sekeliling sisi luar atau tepi modul</p>  <p>Sisi OCA, sekeliling sisi luar atau tepi modul (lebih ringan cacat discolor)</p>  <p>"Batas" antara sisi lem air (discolor) - Sisi OCA relatif tidak discolor</p> |

| N<br>o | Nama<br>Lapisa<br>n | Keadaan Awal                                                        | Hasil Discolor                                                                     |
|--------|---------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                     |                                                                     |  |
|        |                     | Sisi lem air, lokasi di tengah-tengah (lebih ringan cacat discolor) |                                                                                    |
|        |                     |                                                                     |  |
|        |                     | Sisi OCA, lokasi di tengah-tengah (tidak cacat discolor)            |                                                                                    |

Sumber: Hasil Penelitian (2021)

## 1.2. Pembahasan

Berdasarkan data hasil percobaan dengan lapisan perekat dari bahan berbeda, terlihat jelas bahwa bahan lem air yang secara senyawa banyak mengandung zat pelarut dan memerlukan proses pengeringan ketika dipergunakan menyatukan lapisan glass fungsi touch screen dengan kaca pelindung. Menunjukkan cacat discolor yang parah dibandingkan dengan lapisan perekat dari bahan OCA (berbentuk lembaran kering kenyal, tidak memerlukan proses pengeringan) yang secara senyawa relatif tidak mengandung senyawa pelarut untuk mempertahankan tingkat keencerannya. Hasil ini menyatakan berlakunya *hipotesis kedua*, yaitu adanya korelasi positif antara kandungan “embun air atau residu” yang berhubungan dengan kurang baiknya perlindungan lapisan perekat terhadap permukaan glass fungsi touch screen (matriks x-y terletak).

Berlakunya *hipotesis kedua* diperkuat oleh data hasil percobaan berikutnya bahwa untuk lapisan perekat bahan sama, misalnya lem air (gambar a), letak lokasi Tx-Rx yang berbeda, juga memperlihatkan efek keparahan cacat discolor berbeda. Semakin mendekati tepi panel touch screen semakin parah tingkat keparahan discolor (gambar b), sebaliknya semakin ke tengah panel touch screen, cacat discolor semakin ringan (gambar c). Ini jelas karena semakin ke tepi, tingkat perlindungan terhadap kehadiran embun air semakin berkurang. Disamping itu selama proses pengeringan, uap air akan melepaskan diri bergerak ke arah daerah tepi dan terakumulasi di daerah tepi atau uap air lebih mungkin terkonsentrasi di daerah tepi panel.

Percobaan dengan bahan lapisan perekat yang berbeda, lebih memperkuat berlakunya *hipotesis kedua*. Dimana bahan OCA menunjukkan cacat discolor lebih ringan dari bahan lem air. Hasil yang paling jelas adalah pada gambar (g) yang menunjukkan daerah lem air terjadi cacat discolor jauh lebih parah dari daerah OCA. Hasil ini diperkuat oleh :

1. Gambar (e) dan (f) : letak Tx-Rx pada tepi daerah dengan bahan lem air lebih parah tingkat cacat discolor dibandingkan dengan letak Tx-Rx pada tepi daerah dengan bahan OCA.
2. Gambar (h) dan (i) : letak Tx-Rx pada tengah daerah dengan bahan lem air lebih parah tingkat cacat discolor dibandingkan dengan letak Tx-Rx pada tengah daerah dengan bahan OCA.

Catatan : Dari butir (1) dan (2) menunjukkan bahwa bahan perekat OCA lebih baik kemampuan perlindungan terhadap embun air atau residu dibandingkan bahan perekat lem cair (ini sesuai dengan sifat perbedaan kedua senyawa bahan perekat, dimana secara biaya, bahan perekat

OCA jauh lebih mahal dari bahan perekat lem air). disamping itu data pendukung lain yang tidak tercatat dalam laporan penelitian ini adalah bahwa pada panel touch screen dengan dimensi kecil (misalnya sebesar handphone) tidak terjadi cacat discolor dengan semua parameter lain “tetap” atau sama. Variabel waktu (dan suhu) RA juga berpengaruh, semakin lama waktu (dan tinggi) semakin mungkin memperlihatkan cacat discolor.

Berlakunya hipotesis kedua hanya menunjukkan adanya embun air atau residu sebagai pemicu terjadinya cacat discolor, namun menjelaskan kenapa discolor hanya terjadi pada Rx, memerlukan pembuktian hipotesis utama, yaitu terjadinya reaksi “oksidasi-reduksi “ menurut gambar 8. Secara visual terlihat jelas, semua cacat discolor terjadi pada Rx. Ini membuktikan secara langsung berlakunya hipotesis utama. Walaupun demikian, hipotesis utama dan hipotesis kedua tidak berdiri sendiri-sendiri, dalam arti kedua hipotesis perlu saling melengkapi untuk menimbulkan cacat discolor, karena sebagaimana disinggung diatas, bahwa semua variabel dijaga tetap, hanya ukuran dimensi panel touch screen sebagai variabel bebas atau variabel pengaruh, ternyata data menunjukkan ukuran dimensi panel touch screen kecil tidak terjadi cacat discolor, sedangkan ukuran dimensi panel touch screen besar (misalnya permukaan sensor touch screen minimal empat kali lebih luas dibandingkan dengan ukuran handphone) terjadi discolor.

#### 4. Kesimpulan

Gejala cacat “discolor” pada panel touch screen, disebabkan oleh efek polaritas elektrik yang membentuk elektroda (Tx= Anoda, Rx=Katoda), yang menyebabkan terjadi reaksi kimia pada permukaan ITO jalur Rx menurut persamaan (5), yang terlihat berwarna kecoklatan secara visual, dimana kelembaban dan residu larutan yang dibawa oleh senyawa lapisan perekat organik memicu proses reaksi kimia tersebut. Cacat discolor ini juga berkorelasi positif dengan dimensi panel touch screen, yang secara teknis dikatakan tingkat kemampuan perlindungan oleh lapisan perekat (berbanding terbalik dengan ukuran dimensi).

#### Referensi

- [1] Saludin. Muis, Teknologi Nano, Dalam pembuatan Sensor Layar Sentuh, Jilid 1. Jogjakarta : Graha Ilmu, 2013.
- [2] Saludin. Muis, Teknologi Nano, Dalam pembuatan Sensor Layar Sentuh, Jilid 2. Jogjakarta : Graha Ilmu, 2013.
- [3] Saludin. Muis, Teknologi Nano, Dalam pembuatan Sensor Layar Sentuh, Jilid 3. Jogjakarta : Graha Ilmu, 2013.
- [4] Saludin. Muis, Lapisan ITO dan Polimer Konduktif, Teknik Pembuatan Sensor Layar Sentuh Kapasitif. Jogjakarta : Graha Ilmu, 2014.
- [5] Saludin. Muis, Teori Pembentukan Film (lapisan) Tipis Skala Nanometer, Karakteristik dan Contoh Aplikasi Pada Layar Sentuh. Jogjakarta : Teknosain, 2016.
- [6] Saludin. Muis, Teori Keandalan dan Mekanisme Korosi, Teknik Pembuatan Sensor Layar Sentuh. Jogjakarta : Graha Ilmu, 2014.
- [7] Saludin. Muis, Kontaminasi Kontrol dan Teori Difusi, Teknik Pembuatan Sensor Layar Sentuh. Jogjakarta : Graha Ilmu, 2014.
- [8] Saludin. Muis, Prinsip Dasar Penginderaan Sensor, Teori dan Aplikasi. Jogjakarta : Teknosain, 2017.
- [9] Saludin. Muis, Penguat Operasional (Op-Amp), Teori dan Rangkaian Dasar. Jogjakarta : Teknosain, 2017.
- [10] Saludin. Muis, Penguat Operasional (Op-Amp), Teori Lanjutan dan Pemakaian. Jogjakarta : Teknosain, 2017.
- [11] Saludin. Muis, Teknik Digital Dasar, ed 3. Jogjakarta : Teknosain, 2018.
- [12] Saludin. Muis, Struktur dan Ikatan Kimia. Jogjakarta : Teknosain, 2017.
- [13] Saludin. Muis, Teori Adhesi dan bahan Adhesif. Jogjakarta : Teknosain, 2017.
- [14] D.R. Cairns, D.C. Paine, and G.P. Crawford. 2001. The mechanical reliability of sputter coated Indium tin oxide polyester substrate for flexible display and touch screen applications, Society of vacuum coaters, 44<sup>th</sup>, annual technical conference proceedings, 160-165, 2001.

- [15] E. Yadin, V. kozlov, and Machevskis. 2003.Recent developments in the deposition of ITO and AR coating, society of vacuum, 46<sup>th</sup> annual technical conference proceedings, 185-189, 2003.
- [16] J.L. Zilko, 2002. Handbook of Thin Film Deposition Processes and Techniques : Principles, Methods, Equipment, and Applications, 2<sup>nd</sup> ed, Noyes Publications, Park Ridge, USA.