

**KARAKTERISASI VCR DAN TCR KONDUKTOR PASTA
PALLADIUM-PERAK PADA SUBSTRAT ALUMINA DENGAN
TEKNOLOGI FILM TEBAL**

Publikasi Jurnal Skripsi



Disusun Oleh:

HERDINTO PRAJA MUKTI

NIM. 0910633051-63

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
MALANG
2014**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Jalan MT Haryono 167 Telp & Fax. 0341 554166 Malang 65145

KODE
PJ-01

PENGESAHAN
PUBLIKASI HASIL PENELITIAN SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA

NAMA : HERDINTO PRAJA MUKTI
NIM : 0910633051 - 63
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRONIKA
JUDUL SKRIPSI : KARAKTERISASI VCR DAN TCR KONDUKTOR PASTA PALLADIUM-PERAK PADA SUBSTRAT ALUMINA DENGAN TEKNOLOGI FILM TEBAL

TELAH DI-REVIEW DAN DISETUJUI ISINYA OLEH

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. M. Julius St., MS.
NIP. 19540720 198203 1 002

R. Arief Setyawan, ST., MT.
NIP. 19750819 199903 1 001

KARAKTERISASI VCR DAN TCR KONDUKTOR PASTA PALLADIUM-PERAK PADA SUBSTRAT ALUMINA DENGAN TEKNOLOGI FILM TEBAL

Herdinto P Mukti, M. Julius St., MS. dan R. Arief Setyawan, ST., MT

Abstrak - Dalam suatu rangkaian elektronika, konduktor sangat menentukan dalam perhitungan ekonomis suatu produk, karena kuantitas material pembentuk konduktor adalah yang paling banyak dibandingkan dengan material pembentuk resistor, kapasitor dan komponen lainnya.

Dalam skripsi ini proses pelapisan bahan konduktor menggunakan sistem screen printing untuk menghasilkan pola pada substrat yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang. Faktor yang menentukan nilai resistansi konduktor film tebal yaitu perbandingan panjang dan lebar (aspect ratio) yang merupakan dimensi konduktor dan resistivitas lembaran (R_s) yang berhubungan dengan resistivitas bahan. Proses firing menggunakan suhu 600°C dan 700°C . Pengukuran resistansi konduktor dilakukan pada kondisi suhu 27°C dan 65°C dalam peralatan pengkondisi ruangan.

Dari proses pembuatan didapat penyimpangan rata-rata untuk panjang sebesar 1.677% dan lebar sebesar 6.094%, nilai rata-rata resistivitas lembaran (R_s) terkecil didapat sebesar $0.0450\Omega/\square$ menyimpang sebesar 10% dari ukuran yang dikeluarkan produsen karena disebabkan parameter-parameter screen printing yang masih kurang tepat. Nilai rata-rata koefisien tegangan resistansi (VCR) yang didapat sebesar $-78,11/V$ maka konduktor pasta Palladium-Perak mempunyai koefisien negatif dengan setiap kenaikan tegangan pada konduktor nilai resistansi konduktor akan turun. Nilai rata-rata Koefisien suhu resistansi (TCR) yang didapat sebesar $1686,005 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ maka pasta Palladium-Perak mempunyai koefisien positif dengan setiap kenaikan suhu pada konduktor maka nilai resistansi konduktor akan naik.

Kata kunci-aspect ratio, resistivitas lembaran (R_s), koefisien tegangan resistansi (VCR), koefisien suhu resistansi (TCR)

I. PENDAHULUAN

Mikroelektronika terdiri atas beberapa teknologi yang dapat dibagi menjadi tiga yaitu teknologi peralatan diskrit yang berhubungan dengan teknologi *Printed Circuit Board* (PCB), teknologi film yang terbagi menjadi film tebal (*thick film*) dan film tipis (*thin film*), teknologi rangkaian terpadu atau *Integrated Circuits* (IC) monolitik yang terbagi menjadi bipolar dan *Metal Oxide Semiconductor* (MOS). Gabungan teknologi film dan teknologi IC monolitik menghasilkan teknologi hibrida [6].

Teknologi hibrida film tebal terdiri atas sejumlah proses yang diulang beberapa kali dengan urutan tertentu. Prosesnya meliputi pembuatan screen, pencetakan dan pembakaran.

Konduktor memegang peranan penting dalam rangkaian film tebal. Konduktor merupakan bahan terbesar yang digunakan pada rangkaian film tebal.

Fungsi konduktor dalam film tebal adalah sebagai jalur penghubung, tempat peletakan divais dan penyolderan, terminal resistor, penghubung *crossover*, elektroda kapasitor, *bonding chip* dan *die*, bonding kawat, resistor nilai rendah. Konduktor film tebal terdiri atas campuran logam meliputi: Palladium-Perak, Palladium-Emas, Platina-Emas serta macam-macam campuran [8].

II. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN

A. Perancangan Konduktor Film Tebal

Nilai resistansi konduktor hibrida film tebal ditentukan oleh dimensi atau ukuran konduktor dan resistivitas lembaran (*sheet resistivity*) pasta yang digunakan [6]. Nilai resistansi konduktor yang dibuat dengan menggunakan teknologi film tebal ditunjukkan dalam Persamaan (1) – (3) dan dimensi konduktor film tebal ditunjukkan dalam Gambar 1.

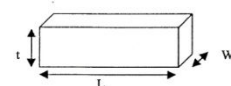
$$R = \rho \frac{L}{tW} \dots\dots\dots(1)$$

$$R_s = \frac{\rho}{t} \dots\dots\dots(2)$$

$$R = R_s \frac{L}{W} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- R = nilai resistansi (Ω)
- ρ = resistivitas bulk material pasta ($\Omega.\text{mm}$)
- L = panjang konduktor (mm)
- W = lebar konduktor (mm)
- R_s = resistivitas lembaran pasta ($\Omega.\square^{-1}$)
- t = ketebalan film (mm)
- $L.W^{-1}$ = aspect ratio



Gambar 1. Dimensi Konduktor Film Tebal

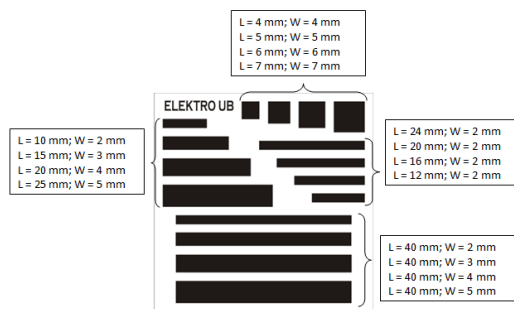
Aturan perancangan konduktor yang dibuat dengan teknologi film tebal adalah sebagai berikut:

1. Bentuk garis lurus dengan posisinya parallel atau sejajar dengan sisi substrat dan apabila diinginkan pembentukan pad, maka pad sebaiknya berbentuk persegi panjang.
2. Konduktor yang dibuat sebaiknya sependek dan selebar mungkin.
3. Lebar konduktor yang diperbolehkan minimal 0,508 mm.
4. Jarak pemisah antara konduktor yang satu dengan konduktor yang lain minimal 0,508 mm.
5. Sebaiknya sisi substrat yang digunakan untuk pelekatan sistem hanya satu sisi saja, karena bila menggunakan dua sisi substrat akan menyulitkan proses pembuatan.

- Konduktor sebaiknya tidak dilekatkan pada pinggir substrat, karena akan membutuhkan pelekatan khusus dan akan menyebabkan kerusakan fisik.
- Jarak anatar konduktor dengan pinggir substrat minimal 0,762 mm.
- Pad untuk menempelkan kaki (*lead*) harus sebesar mungkin, lebar pad minimal 2-3 kali diameter lead atau sekitar 1,875 mm.
- Hindari *crossover* bila memungkinkan, karena *crossover* akan menambah biaya produksi dan menambah kesulitan dalam pembuatan sistem secara keseluruhan [5].

B. Perancangan Konduktor pada Substrat

Bentuk rancangan akan dibuat pada setiap keping substrat dengan ukuran *screen* cetakan T150, T165, T185 dan T200 dan dengan proses *firing* 600°C dan 700°C. Bentuk tata letak rancangan konduktor pada setiap keping ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk Rancangan Tata letak Konduktor Film Tebal

Untuk mengetahui ukuran rancangan yang terbagi dalam 4 kelompok desain dengan *aspect ratio* (*l/w*) yang berbeda ditunjukkan dalam Tabel 1-4.

Tabel 1. Dimensi dan *Aspect Ratio*

No	L (mm)	W (mm)	Aspek Rasio
1	4	4	1
2	5	5	1
3	6	6	1
4	7	7	1

Tabel 2. Dimensi dan *Aspect Ratio*

No	L (mm)	W (mm)	Aspek Rasio
1	10	2	5
2	15	3	5
3	20	4	5
4	25	5	5

Tabel 3. Dimensi dan *Aspect Ratio*

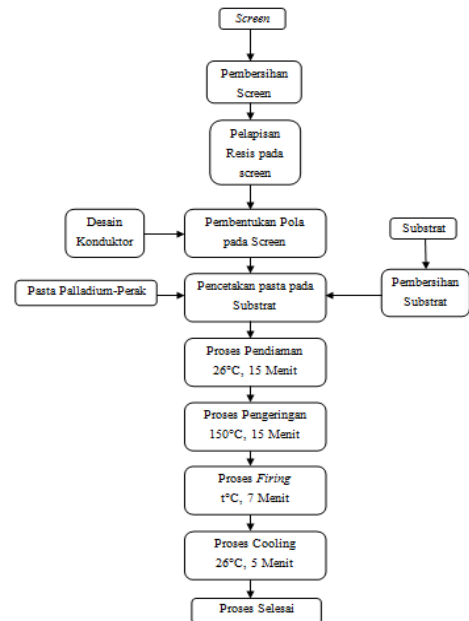
No	L (mm)	W (mm)	Aspek Rasio
1	12	2	6
2	16	2	8
3	20	2	10
4	24	2	12

Tabel 4. Dimensi dan *Aspect Ratio*

No	L (mm)	W (mm)	Aspek Rasio
1	40	2	20
2	40	3	13.33
3	40	4	10
4	40	5	8

C. Pembuatan Pola Konduktor

Proses pembuatan konduktor secara keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Proses Pembuatan Konduktor Secara keseluruhan

Proses pembuatan konduktor film tebal dimulai dengan membuat pola konduktor dengan memperhatikan :

- Kertas. Kertas merupakan media tempat dicetaknya gambar tata letak yang telah dirancang. Ketebalan kertas sangat mempengaruhi hasil pencetakan oleh printer. Apabila kertas terlalu tipis maka hasil perekatan tinta tidak bagus.
- Printer. Printer merupakan media yang berfungsi untuk menempelkan tinta pada kertas. Untuk mendapatkan hasil cetakan yang baik maka digunakan pengaturan hasil cetakan pada printer dengan kualitas gambar yang baik, sehingga gambar hasil pencetakan tidak terlihat samar.
- Perangkat Lunak (*software*). Pembuatan desain tata letak konduktor dengan ketelitian tinggi dilakukan dengan menggunakan software Corel Draw X3.
- Pembentukan Pola Konduktor pada *Screen*. *Screen* merupakan tempat pembentukan pola yang akan dicetak. *Screen* yang digunakan adalah *screen* dengan ukuran T150, T165, T185 dan T200. Langkah-langkah yang dilakukan untuk membentuk pola konduktor pada *screen* adalah:

a. Pemberian Resis pada *Screen*

Larutan peka cahaya atau resis dilapiskan pada permukaan *screen* bagian luar dan bagian dalam dengan menggunakan rakel dengan gerakan satu arah dari atas ke bawah dan dari kiri ke kanan sampai rata. Proses pelapisan resis ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Proses Pelapisan Resis ke Permukaan *Screen*

b. Pemberian Udara Hangat

Pemberian aliran udara hangat setelah *screen* dilapisi oleh resis dalam kondisi minim cahaya agar cetakan tidak terbentuk sebelum digunakan. Proses pemberian udara hangat ditunjukkan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Proses Pengeringan Resis pada Permukaan *Screen*

c. Pengalihan Gambar Tata Letak ke *Screen*

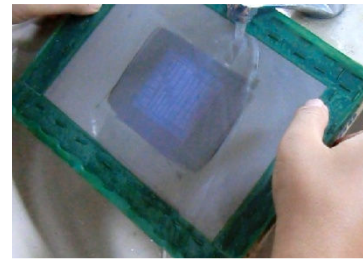
Hasil gambar pada film di letakkan pada permukaan yang menghadap *screen* bagian luar dan di letakkan pada posisi gambar terbalik agar sesuai dengan gambar rancangan konduktor. Kemudian gunakan kaca untuk memberi tekanan pada gambar terhadap *screen* agar gambar tidak bergeser. Selanjutnya *screen* tersebut disinari dengan lampu atau sinar matahari. Proses penyinaran ditunjukkan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Proses Penyinaran Menggunakan Lampu

d. Menciptakan Pola pada *Screen*

Setelah penyinaran, kemudian *screen* di aliri air ke seluruh permukaan *screen* secara merata hingga bagian yang tercipta bayangan gambar menjadi berlubang dan bersih. Kemudian dikeringkan kembali menggunakan udara hangat. Proses menciptakan pola cetakan ditunjukkan dalam Gambar 7.



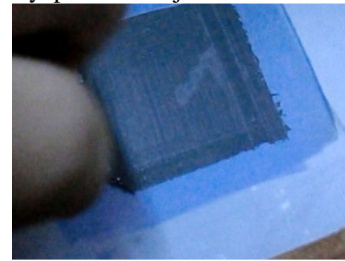
Gambar 7. Proses menciptakan Pola cetakan

e. Pembersihan Substrat

Pembersihan substrat dilakukan menggunakan alkohol yang digosokkan menggunakan kain atau tisu ke permukaan substrat Alumina agar kotoran tidak menempel pada substrat [3].

f. Pencetakan Konduktor

Dalam pembuatan konduktor ini digunakan pasta Palladium-perak. Substrat diletakkan dibawah *screen* cetakan kemudian pasta Palladium-Perak diletakkan di atas *screen*. Selanjutnya dilakukan penyaputan menggunakan rakel hingga merata membentuk sudut 45° sampai 65° terhadap permukaan *screen* [6]. Proses penyaputan ditunjukkan dalam Gambar 8.



Gambar 8. Proses Penyaputan Menggunakan Rakel

5. Proses Pembentukan Konduktor

Sebelum proses pembentukan konduktor, pasta yang diletakkan pada substrat belum bersifat sebagai konduktor. Proses pembentukan konduktor terdiri dari :

a. Perataan (*Leveling*)

Agar hasil cetakan pasta pada substrat menjadi rata maka dilakukan proses perataan (*leveling*). Hasil cetakan dapat dikatakan rata apabila pasta yang telah dicetak menunjukkan bentuk permukaan yang rata tanpa ada bekas bentuk *screen*. Proses perataan (*leveling*) ini dilakukan dengan meletakkan substrat yang baru saja dilekati pasta pada suhu ruangan selama 15 menit [7].

b. Pengeringan (*Drying*)

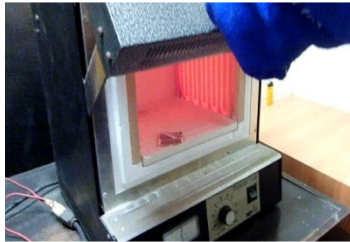
Setelah proses perataan (*leveling*) maka langkah selanjutnya adalah proses pengeringan (*drying*) dengan menempatkan substrat tersebut pada oven dengan suhu 150°C selama jangka waktu 15 menit [5]. Proses pengeringan ditunjukkan dalam Gambar 9.



Gambar 9. Proses Pengeringan Menggunakan Oven

c. Pembakaran (*Firing*)

Proses pembakaran (*firing*) berfungsi untuk mengubah pasta yang telah dilekatkan agar menjadi konduktor. Proses ini dilakukan dengan meletakkan substrat yang telah mengalami proses perataan (*leveling*) dan pengeringan (*drying*) ke dalam *furnace* dengan suhu puncak 600°C dan 700°C. Proses *firing* ditunjukkan dalam Gambar 10.



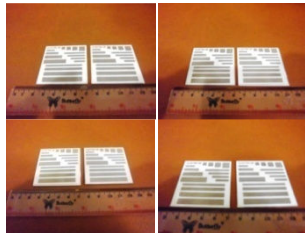
Gambar 10. Proses *Firing*

d. Pendinginan (*Cooling*)

Setelah dilakukan proses pembakaran (*firing*), maka substrat didinginkan pada suhu ruangan selama 5 menit [4].

6. Hasil Konduktor Pada Substrat Alumina

Hasil konduktor pada substrat alumina ditunjukkan dalam Gambar 11.



Gambar 11. Hasil Konduktor Pada Keseluruhan Substrat

III. PENGUKURAN DAN ANALISIS

A. Pengukuran Penyimpangan Dalam Proses Pembuatan

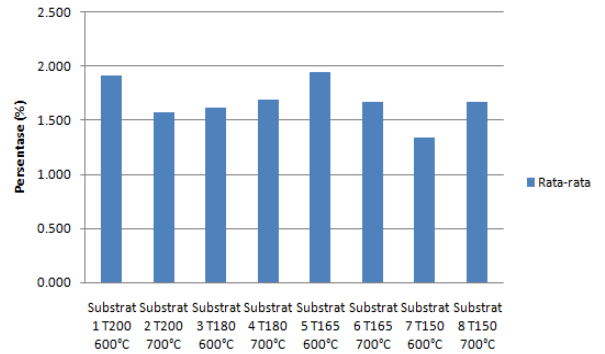
Pengukuran dilakukan dengan menggunakan profile proyektor. Untuk pengukuran lapisan pada substrat dilakukan penyinaran permukaan. Setelah diperoleh gambar pada layar dengan pembesaran dan fokus yang sesuai kemudian dilakukan pengukuran. Pada layar profile proyektor dapat dilihat persilangan dari dua garis sumbu koordinat yang dijadikan sebagai acuan untuk memulai dan mengakhiri pengukuran dengan menggeser benda yang diukur. Pengukuran dimulai dengan menentukan titik awal dari panjang yang diukur

dengan menekan tombol reset alat ukur kemudian dilakukan penggeseran dari benda yang diukur sesuai sumbu koordinat pergeserannya, pergeseran dilakukan sampai tanda silang berada pada titik terakhir dari panjang yang diukur. Selanjutnya dapat dilihat hasil pengukuran pada bagian yang disebut digital kaliber. Angka yang muncul pada digital kaliber mempunyai satuan milimeter. Proses pengukuran dengan menggunakan profil proyektor ditunjukkan dalam Gambar 12.

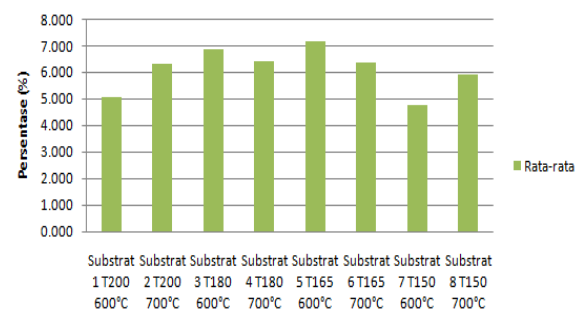


Gambar 12. Proses Pengukuran Menggunakan Profile Proyektor

Hasil rata-rata penyimpangan pada panjang (L) ditunjukkan dalam Gambar 13. Hasil rata-rata penyimpangan pada lebar (W) ditunjukkan dalam Gambar 14.



Gambar 13 Hasil Rata-rata Penyimpangan Panjang (L) pada Masing-masing Substrat



Gambar 13 Hasil Rata-rata Penyimpangan Lebar (W) pada Masing-masing Substrat

Dari hasil pengukuran dimensi pada substrat nilai rata-rata penyimpangan panjang (L) pada keseluruhan substrat adalah 1.677% dan lebar (W) pada keseluruhan substrat adalah 6.094% dari ukuran rancangan. Nilai penyimpangan L dan W terkecil adalah 1.343% dan 4.733% dihasilkan oleh substrat ke-7 dengan screen cetakan T150 suhu firing 600°C. Sedangkan nilai penyimpangan L dan W terbesar adalah 1.949% dan 7.135% dihasilkan oleh substrat ke-5 dengan screen

cetakan T165 suhu firing 600°C. Penyimpangan ini dipengaruhi oleh proses pembentukan pola pada screen dan proses pencetakan.

B. Pengukuran Nilai Resistansi Konduktor

Pengukuran dilakukan langsung di bagian kedua ujung konduktor tepat dibagian tengah dengan menghubungkan probe ohmmeter. Proses pengukuran resistansi konduktor ditunjukkan dalam Gambar 14.

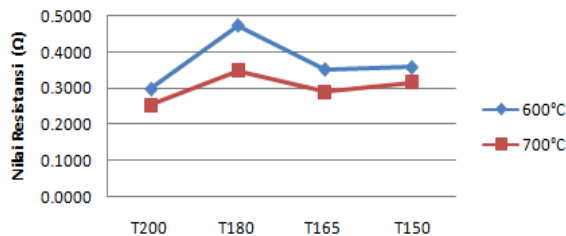


Gambar 14. Hasil Pengukuran Nilai Resistansi Konduktor

Nilai rata-rata resistansi konduktor berdasarkan perbedaan sreen dan suhu firing ditunjukkan dalam Tabel 5 dan grafik nilai rata-rata resistansi konduktor berdasarkan perbedaan screen dan suhu firing ditunjukkan dalam Gambar 14.

Tabel 5. Nilai Rata-rata Resistansi Konduktor Berdasarkan Perbedaan Sreen dan Suhu Firing

Screen dan	Suhu	
	600°C	700°C
T200	0.2973	0.2534
T180	0.4725	0.3485
T165	0.3513	0.2895
T150	0.3570	0.3174



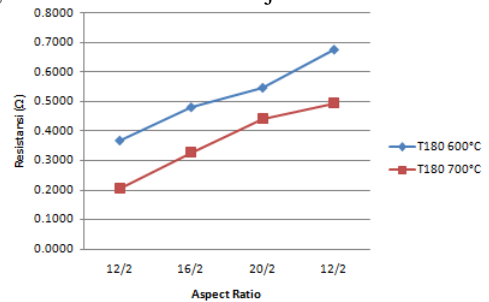
Gambar 14. Grafik Nilai rata-rata Resistansi Konduktor Berdasarkan Perbedaan Sreen dan Suhu Firing

Dari hasil rata-rata nilai resistansi didapat pengaruh proses firing dengan suhu yang berbeda menggunakan keseluruhan screen nilai resistansi konduktor cenderung besar seiring dengan penurunan suhu proses firing dan sebaliknya nilai resistansi konduktor cenderung kecil dengan kenaikan suhu proses firing.

C. Pengaruh Aspect Ratio Terhadap Nilai Resistansi

Dari pengukuran nilai resistansi konduktor film tebal dengan mengacu pada aspect ratio maka pada aspect ratio 1 dan aspect ratio 5 didapat hasil nilai resistansi konduktor yang tidak stabil dari keseluruhan penggunaan screen. Pada desain dengan aspect ratio yang semakin besar didapat nilai resistansi konduktor yang semakin besar pula, sehingga nilai resistansi konduktor berbanding lurus dengan aspect ratio sesuai

rumus dalam Persamaan 3 dengan menganggap nilai R_s konstan. Grafik pada aspect ratio yang semakin besar pada pembuatan dengan ukuran sreen T180 dan suhu firing 600°C dan 700°C ditunjukkan dalam Gambar 16.

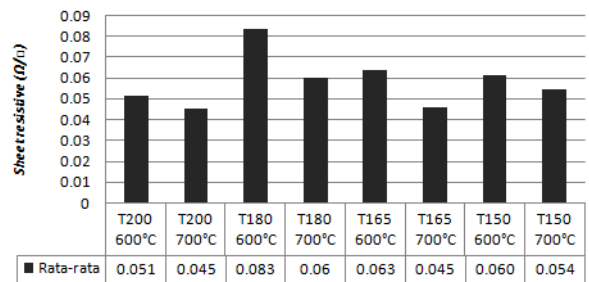


Gambar 16. Grafik Aspect Ratio yang Semakin Besar pada Pembuatan Konduktor dengan Ukuran Sreen T180 dan Suhu Firing 600°C dan 700°C

D. Perhitungan Nilai Resistivitas Lembaran (R_s)

Perhitungan nilai resistivitas lembaran (R_s) dihitung dengan menggunakan Persamaan (3) maka hasil rata-rata nilai resistivitas lembaran (R_s) pada keseluruhan substrat ditunjukkan dalam Gambar 17.

Nilai Rata-rata Sheet Resistive (R_s) pada masing-masing substrat

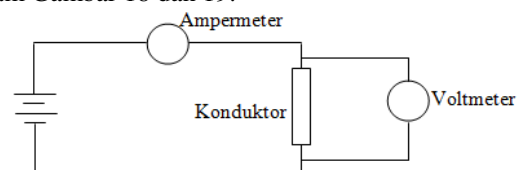


Gambar 17 Grafik Nilai Rata-rata Resistivitas Lembaran (R_s) pada Masing-masing Substrat

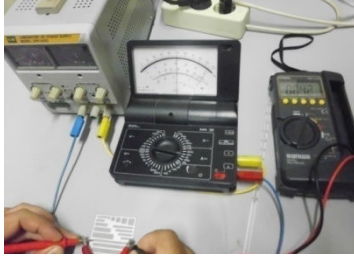
Hasil perhitungan nilai resistivitas lembaran (R_s) pada setiap substrat didapat nilai yang tidak stabil, karena karena perbedaan desain yang mengacu pada aspect ratio dan perbedaan karakteristik cetakan screen pada masing-masing substrat serta suhu proses firing. Nilai resistivitas lembaran (R_s) terkecil adalah 0.0450Ω/□. Hasil tersebut didapat pada cetakan screen T200 dengan suhu firing 700°C. Dengan mengacu pada resistivitas lembaran (R_s) yang dikeluarkan produsen sebesar 0.050Ω/□, maka hasil tersebut menyimpang sebesar 10%.

E. Pengukuran Koefisien Tegangan Resistansi (VCR)

Pengukuran dilakukan dengan memberikan arus searah pada konduktor yang akan dicari nilai koefisien Tegangan Resistansinya (VCR) seperti ditunjukkan dalam Gambar 18 dan 19.

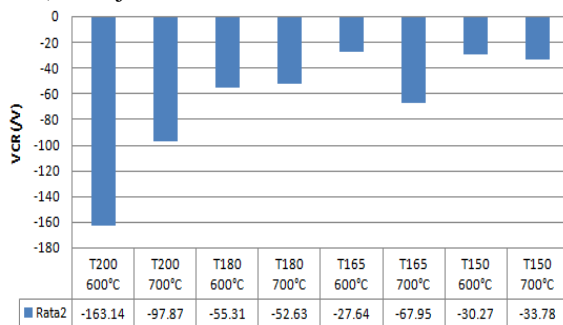


Gambar 18. Rangkaian Pengukuran Tegangan Resistansi Konduktor



Gambar 19. Proses Pengukuran Tegangan Resistansi Konduktor

Dari hasil pengukuran tegangan nilai resistansi konduktor dapat diketahui dengan membagi tegangan yang terukur dengan arus yang melewati rangkaian. Berikut nilai rata-rata koefisien tegangan resistansinya (VCR) ditunjukkan dalam Gambar 20.



Gambar 20. Nilai rata-rata Koefisien Tegangan Resistansi (VCR) pada masing-masing substrat

Perhitungan koefisien tegangan resistansi konduktor pada salah satu jalur konduktor dapat dihitung dengan rumus:

$$VCR = \frac{R_2 - R_1}{R_1(V_2 - V_1)}$$

$$VCR = \frac{(0.34 - 0.36)}{0.34(0.0034 - 0.0018)}$$

$$VCR = -34,7222/V$$

Dari hasil perhitungan nilai VCR pada setiap konduktor didapat nilai VCR yang bervariasi yang disebabkan karena perbedaan ukuran cetakan screen dan karakteristik lapisan film tebal serta proses firing yang berbeda pada setiap konduktor hasil pelapisan.

Nilai rata-rata koefisien tegangan resistansi (VCR) yang didapat sebesar -78,11/V maka konduktor pasta Palladium-Perak mempunyai koefisien tegangan negatif dengan setiap kenaikan tegangan pada konduktor nilai resistansi konduktor akan turun.

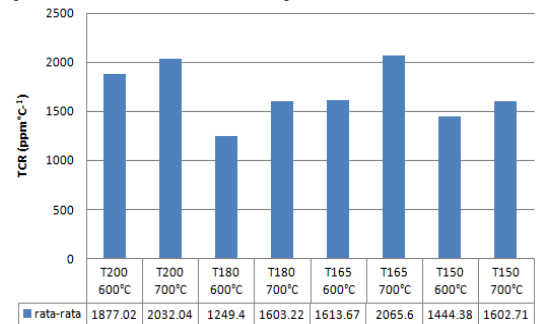
F. Pengukuran Koefisien Suhu Resistansi (TCR)

Metode yang digunakan untuk mengukur koefisien suhu resistansi (TCR) sama dengan metode yang dilakukan untuk mengukur koefisien tegangan resistansi (VCR) dengan menambah pengkondisi ruangan dengan suhu 27°C dan 65°C. Proses pengukuran ditunjukkan dalam Gambar 21.



Gambar 21. Proses Pengukuran Tegangan Resistansi Konduktor dengan Perbedaan Suhu

Dari hasil pengukuran tegangan pada kondisi suhu yang berbeda maka nilai resistansi konduktor dapat diketahui dengan membagi tegangan yang terukur dengan arus yang melewati rangkaian. Berikut nilai rata-rata koefisien suhu resistansi (TCR) ditunjukkan dalam Gambar 22. Hasil perhitungan Koefisien tegangan resistansi dan koefisien suhu resistansi pada screen T200, suhu firing 700°C, L/W = 40/5 serta suhu pengujian 27°C dan 65°C ditunjukkan dalam Tabel 6.



Gambar 22. Nilai rata-rata Koefisien Suhu Resistansi (TCR) pada masing-masing substrat.

Tabel 6. Hasil perhitungan Koefisien tegangan resistansi dan koefisien suhu resistansi pada screen T200, suhu firing 700°C, L/W = 40/5 serta suhu pengujian 27°C dan 65°C

I (A)	Suhu						TCR (ppm/°C)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0018	0.3600	-34.7222	0.0019	0.3800	-49.3421	1461.9883
0.0100	0.0034	0.3400	10.8932	0.0035	0.3500	15.0376	773.9938
0.0150	0.0052	0.3467	-2.8281	0.0054	0.3600	-8.1699	1012.1457
0.0200	0.0069	0.3450	-9.0580	0.0071	0.3550	-12.3239	762.7765
0.0250	0.0085	0.3400		0.0087	0.3480		619.1950
			Rata-rata			Rata-rata	1002.7261

Perhitungan koefisien suhu resistansi (TCR) konduktor pada salah satu jalur konduktor dapat dihitung dengan rumus:

$$TCR = \frac{R_2 - R_1}{R_1(T_2 - T_1)} \cdot 10^6$$

$$TCR = \frac{(0.38 - 0.36)}{0.36(65 - 27)} \cdot 10^6$$

$$= 1461,9883 \text{ ppm/°C}$$

Pada perhitungan nilai TCR dari setiap nilai resistansi konduktor didapat nilai TCR yang juga bervariasi yang disebabkan karena ukuran cetakan screen dan karakteristik lapisan film tebal serta proses firing yang berbeda pada setiap konduktor hasil pelapisan. Nilai rata-rata Koefisien suhu resistansi (TCR) yang didapat sebesar 1686,005 ppm/°C maka pasta Palladium-Perak mempunyai koefisien positif dengan setiap kenaikan suhu pada konduktor maka nilai resistansi konduktor akan naik.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

DAFTAR PUSTAKA

A. Kesimpulan

Dari hasil proses pembuatan dan pengukuran konduktor film tebal berbahan pasta Palladium-Perak pada substrat Alumina yang dibuat di Laboratorium Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengukuran dimensi pembuatan konduktor film tebal didapat penyimpangan rata-rata L sebesar 1.677% dan W sebesar 6.094%.
2. Nilai resistansi konduktor dengan parameter *aspect ratio* didapat nilai resistansi konduktor yang tidak stabil pada *aspect ratio* 1 dan 5. Pada *aspect ratio* yang bernilai semakin besar didapat nilai resistansi yang semakin besar sesuai persamaan $R = R_s \frac{L}{W}$ dengan R_s dianggap konstan.
3. Nilai resistansi konduktor dengan parameter perbedaan proses firing didapat nilai resistansi konduktor cenderung besar seiring dengan penurunan proses suhu firing. Sebaliknya nilai resistansi konduktor cenderung kecil seiring dengan kenaikan proses suhu firing.
4. Pada perhitungan resistivitas lembaran (R_s) konduktor dengan parameter screen dan suhu firing didapat nilai rata-rata R_s terkecil adalah $0,0450\Omega/\square$. Hasil tersebut didapat pada screen T200 dan proses suhu firing 700°C . Dengan nilai R_s $0,0450\Omega/\square$ maka nilai tersebut menyimpang sebesar 10% dari ukuran yang dikeluarkan produsen dengan R_s $0,050\Omega/\square$.
5. Nilai rata-rata koefisien tegangan resistansi (VCR) yang didapat sebesar $-78,11/V$ maka konduktor pasta Palladium-Perak mempunyai koefisien tegangan negatif dengan setiap kenaikan tegangan pada konduktor nilai resistansi konduktor akan turun.
6. Nilai rata-rata Koefisien suhu resistansi (TCR) yang didapat sebesar $1686,005 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ maka pasta Palladium-Perak mempunyai koefisien suhu positif dengan setiap kenaikan suhu pada konduktor maka nilai resistansi konduktor akan naik.

B. Saran

Dari hasil penelitian pada tugas akhir ini telah dihasilkan konduktor dengan nilai koefisien tegangan resistansi (VCR) dan koefisien suhu resistansi (TCR) yang bervariasi pada parameter *aspect ratio*, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut agar didapatkan hasil yang lebih baik menyangkut rancangan konduktor dan parameter-parameter dalam setiap tahap proses *screen printing*.

Untuk menganalisis nilai tegangan agar didapatkan hasil yang lebih akurat disarankan menggunakan osiloskop sebagai alat ukur tegangan VCR dan TCR pada penelitian selanjutnya, sehingga perhitungan nilai resistansi didapatkan hasil yang mendekati nilai sebenarnya.

- [1] Desiana, Eka. 2010. *Perencanaan dan Pembuatan Sensor Nitrat dengan Teknologi Film Tebal (Thick Film)*. Skripsi Universitas Brawijaya.
- [2] Dupont. 1997. *Conductor, Dielectric, Resistor Material Comparison and Data Book*. Dupont. USA
- [3] Effendi, Elli Herlia. 1996. *Konduktor Film Tebal pada Rangkaian Hybrid-IC*. IPT Technical Journal Vol.1 No.5-6 Oktober 1995/ Januari 1996. LIPI. Bandung.
- [4] Effendrik, Popong. 1997. *Karakterisasi Konduktor Pasta Palladium-Perak Pada Substrat Alumina Dengan Teknologi Hibrida Film Tebal*. Skripsi Universitas Brawijaya.
- [5] Harper, Charles A. 1974. *Hanbook of thick Film Hybrid Microelektronics*. Mc graw-Hill Book Company. USA.
- [6] Haskard, Malcolm R. 1987. *Thick Film Hybrid Manufacture and Design*. Prentice hall, Inc. New Jersey.
- [7] Harper, Charles A and Ronald M. Sampson. 1984. *Elektronik Material hanbook*. Mc graw-Hill Book Company. Singapore.
- [8] Julius St, M. 1993. *Sablon Screen Printing*. UPT Penerbitan FT-UB. Malang.
- [9] Julius St, M. 1997. *Laporan Akhir Pembuatan Laboratorium Teknologi Film Tebal Sarana Miniatur Rangkaian Elektronika*. Jurusan Teknik Elektro-Fakultas Teknik-Universitas Brawijaya. Malang.
- [10] Julius St. M., Atma. Sholeh.HP., *Pembuatan Resistor Film Tebal*. ELEKTRO-INDONESIA-PII No.18 Th.IV, Desember 1997
- [11] Julius St. M. *Hibrida Film Tebal Untuk Pengcilan Rangkaian Elektronika*. ELEKTRO-INDONESIA-PII No.12 Th.III, September 1996.