

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

**SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:
HERDINTO PRAJA MUKTI
NIM. 0910633051-63

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2014**

repository.ub.ac.id

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

**SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:
HERDINTO PRAJA MUKTI
NIM. 0910633051-63

Mengetahui dan menyetujui :

Pembimbing I

Pembimbing II

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

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

LEMBAR PENGESAHAN

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

**SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:
HERDINTO PRAJA MUKTI
NIM. 0910633051-63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 27 Januari 2014

DOSEN PENGUJI

Ir. Nanang Sulistyanto, MT.
NIP. 19700113 199403 1 002

Ir. Ponco Siwindarto, M.Eng.Sc.
NIP. 19590304 198903 1 001

Adharul Muttaqin, ST., MT.
NIP. 19760121 200501 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D
NIP. 19741203 200012 1 001

PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim.

Puji syukur kepada Tuhan YME atas segala petunjuk serta nikmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi berjudul “ Karakterisasi VCR dan TCR Konduktor Pasta Palladium-Perak pada Substrat Alumina dengan Teknologi Film Tebal” ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

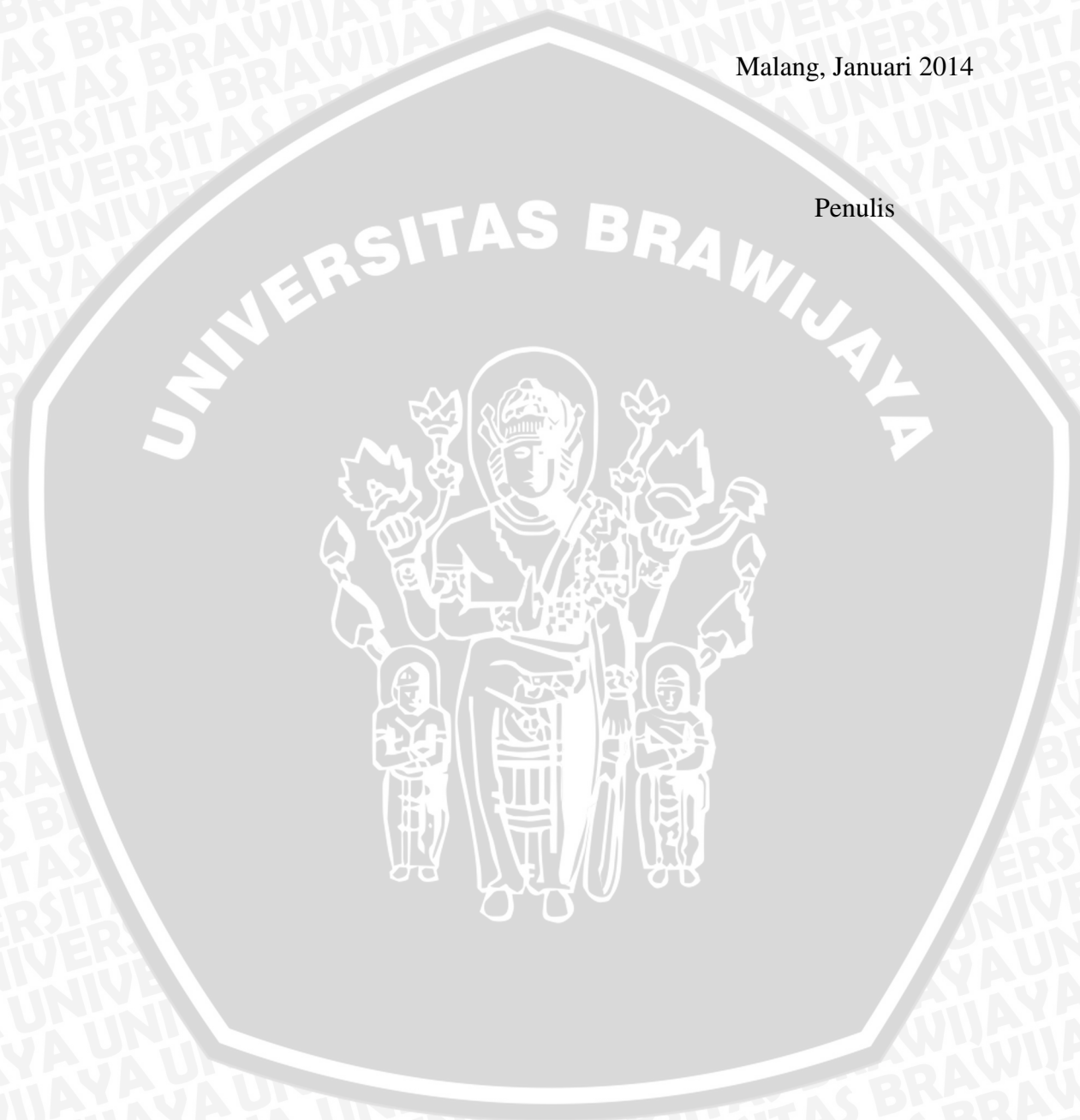
Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada:

- M. Aziz Muslim, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Hadi Suyono, ST., MT., PH.d. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Nurussa'adah, Ir., MT. selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Elektronika Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Ir. M. Julius, ST. MS. dan R. Arief Setyawan, ST. MT. selaku Dosen Pembimbing 1 dan Dosen Pembimbing 2 atas segala bimbingan, ide, nasihat, arahan, motivasi, serta saran yang telah diberikan.
- Bapak Windarto dan Ibu Suprptini atas pengertian dan kesabarannya didalam mendidik penulis, serta telah banyak mendoakan kelancaran penulis hingga terselesaikannya skripsi ini.
- Seluruh keluarga besar penulis yang telah banyak mengalami masa-masa sulit karena penulis.
- Rekan-rekan Laboratorium Elektronika atas bantuan alat dan ilmunya.
- Teman-teman angkatan 2009, teman-teman HME, senior, WORKSHOP serta semua pihak yang tidak mungkin bagi penulis untuk mencantumkan satu-persatu, terimakasih banyak atas bantuan dan dukungannya.

Pada akhirnya, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta bagi masyarakat.

Malang, Januari 2014

Penulis



ABSTRAK

Herdinto Praja Mukti, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2014, Karakterisasi Vcr dan Tcr Konduktor Pasta Palladium-Perak pada Substrat Alumina dengan Teknologi Film Tebal, Dosen Pembimbing: Ir. M. Julius St., MS. dan R. Arief Setyawan, ST. MT.

Dalam 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 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).

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Sistematika Pembahasan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Teknologi Hibrida Film Tebal	5
2.1.1 Pasta Film Tebal	6
2.1.2 Konduktor Film Tebal	7
2.1.3 Senyawa Pembentuk Pasta Konduktor	8
2.1.4 Jenis Pasta Konduktor	9
2.1.5 Substrat Film Tebal	9
2.1.6 <i>Screen</i>	10
2.1.7 Resis	11
2.1.8 <i>Hair Dryer</i>	11
2.1.9 Cairan Penghapus	12
2.1.10 Kaca	12
2.1.11 Cahaya	12
2.1.12 Rakel	12
2.1.13 Oven	13
2.1.14 Furnace	13
2.2 Konduktor	14
2.2 Koefisien Tegangan Resistansi Konduktor	14
2.2 Koefisien Suhu Resistansi Konduktor	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17

3.1	Metode Penelitian	17
3.2	Penentuan Spesifikasi Konduktor	17
3.3	Studi Literatur	17
3.4	Perancangan Konduktor	17
3.5	Pengujian Konduktor dan Analisis	18
BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN		20
4.1	Perancangan Konduktor Film Tebal	20
4.1.1	Aturan Perancangan Konduktor Film Tebal	21
4.1.2	Perancangan Konduktor pada Substrat	21
4.2	Pembuatan Pola Konduktor	23
4.2.1	Kertas	23
4.2.2	Printer	23
4.2.3	Perangkat Lunak (<i>software</i>)	23
4.2.4	Proses Pembuatan Pola Konduktor	23
4.3	Pembentukan Pola Konduktor pada <i>Screen</i>	24
4.3.1	Pembersihan <i>Screen</i>	24
4.3.2	Pemberian Resis pada <i>Screen</i>	24
4.3.3	Pemberian Udara Hangat	25
4.3.4	Pengalihan Gambar Tata Letak ke <i>Screen</i>	25
4.3.5	Menciptakan Pola pada <i>Screen</i>	26
4.3.6	Pembersihan Substrat	26
4.3.7	Pencetakan Konduktor	27
4.4	Proses Pembentukan Konduktor	27
4.4.1	Perataan (<i>Leveling</i>)	27
4.4.2	Pengeringan (<i>Drying</i>)	28
4.4.3	Pembakaran (<i>Firing</i>)	28
4.4.4	Pendinginan (<i>Cooling</i>)	29
4.5	Pembuatan Konduktor Secara Keseluruhan	29
4.5.1	Hasil konduktor pada Substrat Alumina	31
BAB V PENGUKURAN DAN ANALISIS		34
5.1	Pengukuran Penyimpangan dalam Proses Pembuatan	34
5.1.1	Tujuan	34
5.1.2	Alat yang Digunakan	34
5.1.3	Metode Pengukuran	34

5.1.4	Hasil Pengukuran Konduktor pada Substrat	35
5.1.5	Analisis.....	38
5.2	Pengukuran Nilai Resistansi Konduktor.....	38
5.2.1	Tujuan.....	38
5.2.2	Alat yang Digunakan.....	39
5.2.3	Metode Pengukuran.....	39
5.2.4	Hasil Pengukuran Resistansi Konduktor.....	39
5.2.5	Analisis.....	43
5.3	Pengukuran Koefisien Tegangan Resistansi (VCR) dan Koefisien Suhu Resistansi (TCR).....	44
5.3.1	Tujuan.....	44
5.3.2	Alat yang Digunakan.....	44
5.3.3	Metode Pengukuran.....	44
5.3.4	Hasil Pengukuran	45
5.3.4.1	Hasil Pengukuran Koefisien Tegangan Resistansi (VCR).....	45
5.3.4.2	Hasil Pengukuran Koefisien Suhu Resistansi (TCR).....	45
5.2.5	Analisis.....	49
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		51
6.1	Kesimpulan	51
6.2	Saran	52
DAFTAR PUSTAKA.....		53
LAMPIRAN I.....		54
LAMPIRAN II		59
LAMPIRAN III.....		92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Klasifikasi Mikroelektronika	5
Gambar 2.2 Pasta Konduktor Film Tebal	7
Gambar 2.3 Substrat Alumina	10
Gambar 2.4 <i>Screen</i> Film Tebal	11
Gambar 2.5 <i>Hair Dryer</i>	12
Gambar 2.6 Rakel	13
Gambar 2.7 Oven	13
Gambar 2.8 Furnace Vulcan A-550	14
Gambar 3.1 Variasi Bentuk Konduktor Film Tebal	18
Gambar 3.2 Metode Pengukuran Amperemeter-Voltmeter	18
Gambar 4.1 Dimensi Konduktor Film Tebal	20
Gambar 4.2 Bentuk Rancangan Tata letak Konduktor Film Tebal	23
Gambar 4.3 Proses Pembersihan <i>Screen</i>	24
Gambar 4.4 Proses Pelapisan Resis ke Permukaan <i>Screen</i>	25
Gambar 4.5 Proses Pengeringan Resis pada Permukaan <i>Screen</i>	25
Gambar 4.6 Proses Penyinaran Menggunakan Lampu	26
Gambar 4.7 Proses menciptakan Pola Cetakan	26
Gambar 4.8 Proses Penyaputan Menggunakan rakel	27
Gambar 4.9 Hasil Setelah Proses Pencetakan	28
Gambar 4.10 Proses Pengeringan Menggunakan Oven	28
Gambar 4.11 Proses <i>Firing</i>	29
Gambar 4.12 Hasil Setelah Proses <i>Firing</i>	29
Gambar 4.13 Proses Pembuatan Konduktor Secara Keseluruhan	31
Gambar 4.14 Hasi Konduktor pada Substrat 1 dan 2 Hasil Cetakan <i>Screen</i> T200 dengan Proses <i>Firing</i> 600°C dan 700°C	32
Gambar 4.15 Hasi Konduktor pada Substrat 3 dan 4 Hasil Cetakan <i>Screen</i> T180 dengan Proses <i>Firing</i> 600°C dan 700°C	32
Gambar 4.16 Hasi Konduktor pada Substrat 5 dan 6 Hasil Cetakan <i>Screen</i> T165 dengan Proses <i>Firing</i> 600°C dan 700°C	33
Gambar 4.17 Hasi Konduktor pada Substrat 7 dan 8 Hasil Cetakan <i>Screen</i> T150 dengan Proses <i>Firing</i> 600°C dan 700°C	33

Gambar 5.1 Proses Pengukuran Menggunakan Profile Proyektor	35
Gambar 5.2 Nilai Rata-rata Penyimpangan (L) pada Keseluruhan Substrat	37
Gambar 5.3 Nilai Rata-rata Penyimpangan (W) pada Keseluruhan Substrat.....	38
Gambar 5.4 Hasil Pengukuran Nilai Resistansi Konduktor	39
Gambar 5.5 Grafik Nilai Resistansi Konduktor berdasarkan perbedaan Screen dan Suhu Firing	41
Gambar 5.6 Grafik Nilai Resistansi Konduktor dengan <i>Aspect Ratio</i> yang Semakin Besar pada Nilai L Berbeda W Sama dan Proses Pembuatan Menggunakan Screen T180 dengan Suhu firing 600°C dan 700°C.....	42
Gambar 5.7 Grafik Rata-rata Nilai <i>Sheet Resistive</i> (Rs) pada Masing-masing Substrat	43
Gambar 5.8 Rangkaian Pengukuran Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi	44
Gambar 5.9 Proses Pengukuran Tegangan Konduktor Pada Suhu 27°C dan Suhu 65°C	45
Gambar 5.10 Nilai Rata-Rata Koefisien Tegangan Resistansi (VCR) Masing- Masing substrat pada Suhu 27°C	46
Gambar 5.11 Nilai Rata-Rata Koefisien Tegangan Resistansi (VCR) Masing- Masing substrat pada Suhu 65°C	47
Gambar 5.12 Nilai Rata-Rata Koefisien Suhu Resistansi (TCR) pada Masing- Masing Substrat	48

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Dimensi dengan <i>Aspect Ratio</i> 1 Nilai L dan W Sama	21
Tabel 4.2 Dimensi dengan <i>Aspect Ratio</i> 5 Nilai L dan W berbeda	22
Tabel 4.3 Dimensi dengan <i>Aspect Ratio</i> Semakin besar Nilai L Berbeda dan W Sama	22
Tabel 4.4 Dimensi dengan <i>Aspect Ratio</i> Semakin besar Nilai L Sama dan W Berbeda	22
Tabel 5.1 Hasil Perhitungan Penyimpangan Dimensi pada Substrat 1 Terhadap Rancangan	36
Tabel 5.2 Hasil Perhitungan Penyimpangan Dimensi Terhadap Rancangan pada Substrat 1-4	36
Tabel 5.3 Hasil Perhitungan Penyimpangan Dimensi Terhadap Rancangan pada Substrat 5-8	37
Tabel 5.4 Nilai Resistansi Konduktor dengan Perbandingan <i>Aspect Ratio</i> 1 pada Nilai L dan W yang sama	40
Tabel 5.5 Nilai Resistansi Konduktor dengan Perbandingan <i>Aspect Ratio</i> 5 pada Nilai L dan W yang Berbeda	40
Tabel 5.6 Nilai Resistansi Konduktor dengan Perbandingan <i>Aspect Ratio</i> yang Semakin Besar pada Nilai L Berbeda dan W Sama	40
Tabel 5.7 Nilai Resistansi Konduktor dengan Perbandingan <i>Aspect Ratio</i> yang Semakin Besar pada Nilai L Sama dan W Berbeda	41
Tabel 5.8 Nilai Resistansi Konduktor Berdasarkan Perbedaan <i>Screen</i> dan Suhu <i>Firing</i>	41
Tabel 5.9 Hasil Perhitungan Nilai R_s (<i>sheet resistivity</i>) pada Masing-masing Substrat	42
Tabel 5.10 Nilai Koefisien Tegangan Resistansi pada Suhu 27°C	46
Tabel 5.11 Nilai Koefisien Tegangan Resistansi pada Suhu 65°C	47
Tabel 5.12 Nilai Koefisien Suhu Resistansi	48
Tabel 5.13 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada <i>Screen</i> T200, Suhu <i>Firing</i> 700°C, L/W = 40/5 serta Suhu Pengujian 27°C dan 65°C	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan di bidang elektronika mengalami kemajuan yang pesat. Penelitian terus dilakukan untuk memperoleh perbaikan dalam hal kualitas, kompleksitas dalam dimensi yang kecil, dan pembiayaan yang relatif lebih murah.

Dalam hal perbaikan tersebut tentu memerlukan dukungan tersedianya komponen elektronika yang berukuran relatif kecil, sehingga muncul dan berkembang teknologi mikroelektronika. Teknologi mikroelektronika terbagi menjadi tiga cabang diantaranya teknologi diskret, teknologi film, dan teknologi monolitik. Dalam perkembangannya yang mendapat perhatian untuk dikembangkan lebih lanjut yaitu teknologi film dan teknologi monolitik. Gabungan keduanya disebut teknologi *hybrid* karena dalam proses pembuatannya menggunakan lebih dari satu jenis teknologi. Teknologi monolitik biasanya digunakan untuk membuat rangkaian kompleks yang terintegrasi dalam satu chip IC (*integrated circuit*). Dengan teknologi ini sejumlah komponen dalam rangkaian mampu dijadikan satu dimensi yang kecil. Namun, dalam pembuatannya diperlukan biaya yang mahal sehingga hanya diproduksi oleh industri secara masal. Selain itu teknologi ini digunakan untuk membuat komponen aktif, sedangkan untuk pembuatan komponen pasif biasanya menggunakan teknologi *hybrid* yang lain yaitu teknologi film.

Teknologi film terbagi menjadi dua cabang yaitu film tebal dan film tipis. Perbedaan keduanya adalah dalam hal proses pembuatan dan tebal komponen yang dihasilkan. Teknologi film tebal merupakan pembuatan rangkaian terintegrasi dengan menggunakan metode *screen printing* yang terdiri atas sejumlah langkah yang dapat diulang beberapa kali, yaitu pembuatan *screen*, pencetakan dan pemanggangan. Proses ini hampir sama dengan proses sablon untuk kain. Rangkaian film tebal memerlukan substrat sebagai tempat untuk rangkaian film tebal dan memerlukan proses pelapisan untuk melapiskan bahan konduktor dan komponen pasif (khususnya resistor dan kapasitor), serta memerlukan proses fotolitografi untuk menghasilkan bentuk pola dari

rangkaian yang diinginkan. Keunggulan utama teknologi ini adalah kemungkinan dapat dibuat resistor dengan nilai resistansi dalam jangkauan yang sangat lebar, mulai kurang dari satu ohm sampai beberapa megaohm dalam substrat yang sama. Penggabungan proses film tebal dengan pembuatan resistor dan kapasitor dengan transistor atau IC sebagai komponen aktif pada satu substrat akan menghasilkan sistem elektronika dengan keandalan yang tinggi dan harga yang relatif rendah. (M. Julius, 2008).

Salah satu bagian sistem yang dapat dibuat dengan teknologi film tebal adalah konduktor. Dalam suatu rangkaian, 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.

Untuk mengetahui karakteristik dari konduktor pasta Palladium-Perak maka perlu dilakukan karakterisasi konduktor VCR dan TCR pasta Palladium-Perak pada substrat Alumina dengan teknologi film tebal yang dibuat di Laboratorium Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan sebelumnya, dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana cara perancangan konduktor film tebal.
- 2) Bagaimana proses pembuatan konduktor film tebal.
- 3) Bagaimana karakteristik konduktor film tebal dengan proses *firing* 600°C dan 700°C serta proses *screen printing* menggunakan *screen* dengan ukuran T150, T165, T185 dan T200.
- 4) Bagaimana karakteristik VCR dan TCR konduktor pasta Palladium-Perak pada substrat Alumina dengan teknologi film tebal.

1.3 Batasan Masalah

Dengan mengacu pada permasalahan yang telah dirumuskan, maka hal-hal yang berkaitan dengan perancangan akan diberi batasan sebagai berikut:

- 1) Penelitian dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.
- 2) Bahan konduktor yang digunakan adalah pasta Palladium-Perak Dupont 6125.
- 3) Bahan dasar substrat yang digunakan adalah Alumina.

- 4) Ukuran *screen* kain yang digunakan T150, T165, T185 dan T200.
- 5) Perhitungan koefisien suhu resistansi (TCR) konduktor dalam kondisi ruangan 27°C dan 65°C dengan pengukuran nilai resistansi dalam setiap kondisi suhu.
- 6) Perhitungan koefisien tegangan resistansi (VCR) konduktor dengan pengukuran tegangan konduktor pada setiap pemberian arus searah dan menghitung nilai resistansinya.

1.4 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan karakterisasi VCR dan TCR konduktor film tebal yang dibuat dengan pasta Palladium-Perak pada substart Alumina yang dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.

1.5 Sistematika Pembahasan

Penelitian ini terdiri atas enam bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Memuat latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan, dan sistematika pembahasan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan konduktor.

BAB III Metodologi

Berisi tentang metode-metode yang dipakai dalam melakukan perancangan, pengujian, dan analisis data.

BAB IV Perancangan

Perancangan dan pembuatan konduktor meliputi, perancangan pola konduktor, pembuatan cetakan, dan proses pembuatan secara keseluruhan.

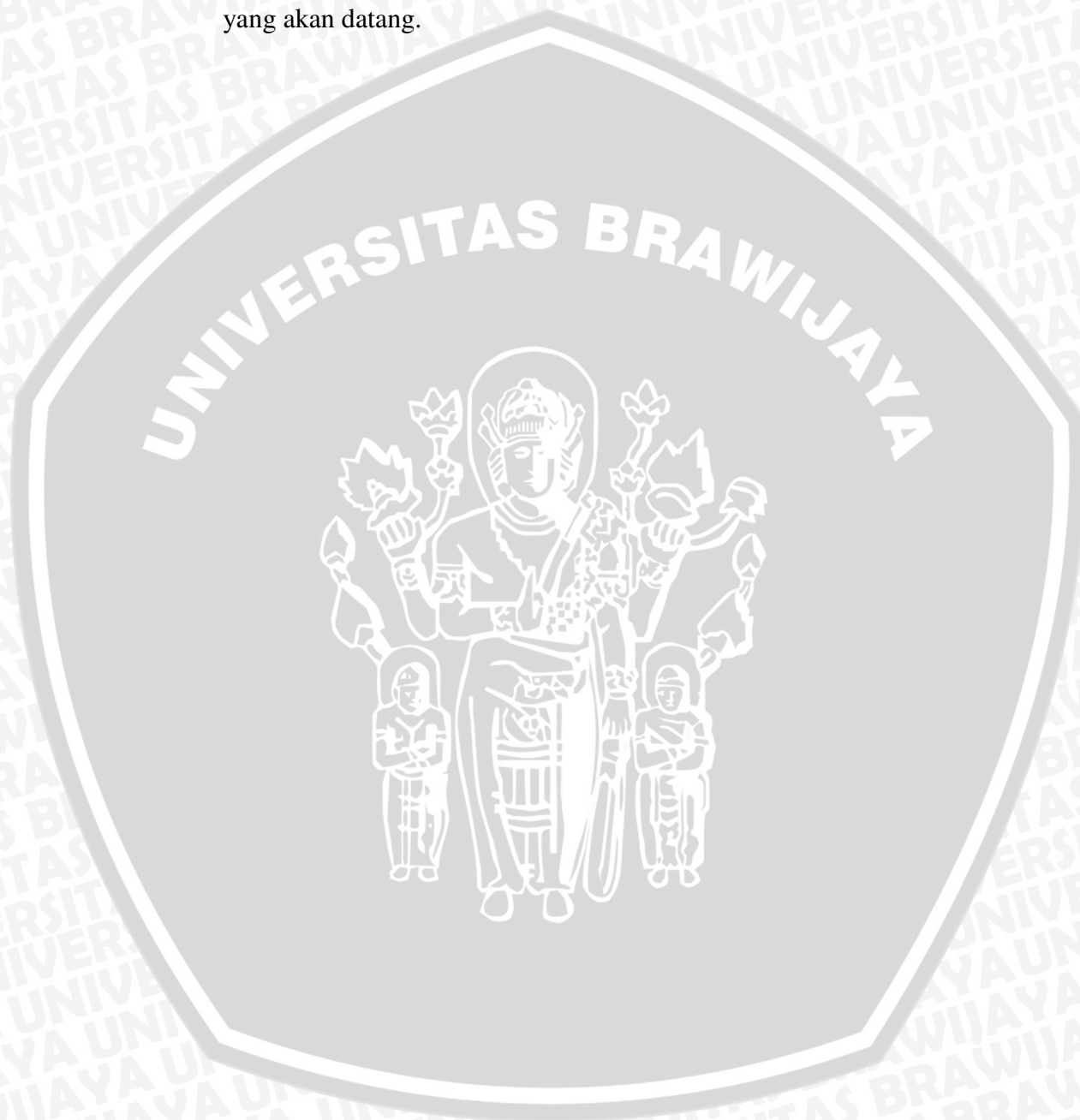
BAB V Pengujian dan Analisis

Memuat aspek pengujian meliputi penjelasan tentang cara pengujian dan hasil pengujian. Aspek analisis meliputi penilaian atau komentar terhadap hasil-hasil pengujian. Pengujian dan analisis ini terhadap

konduktor yang telah direalisasikan berdasarkan sistem secara keseluruhan.

BAB VI Kesimpulan dan Saran

Memuat intisari hasil pengujian dan menjawab rumusan masalah serta memberikan rekomendasi untuk perbaikan kualitas penelitian di masa yang akan datang.

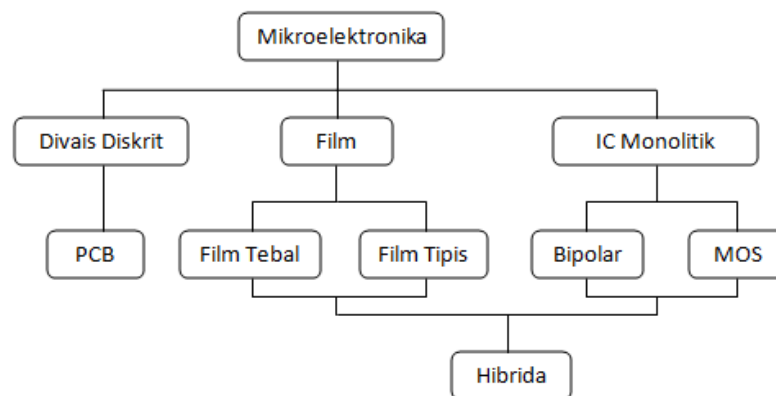


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teknologi Hibrida Film Tebal

Perkembangan bidang mikroelektronika dewasa ini sudah begitu pesatnya. 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. (Haskard, 1988: 1). Teknologi film tebal adalah salah satu bidang dari teknologi hibrida ditunjukkan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Klasifikasi Mikroelektronika

Sumber : Haskard, 1988 : 1

Teknologi film tebal terdiri atas sejumlah proses yang diulang beberapa kali dengan urutan tertentu. Prosesnya meliputi pembuatan *screen*, pencetakan dan pembakaran. Pada proses standar ini ditambahkan juga proses pembersihan, penyolderan, pengujian dan pengemasan.

Bahan konduktor film tebal terbuat dari pasta Palladium-Perak. Substrat berfungsi tidak hanya sebagai pendukung rangkaian komponen saja tetapi juga berfungsi sebagai pelindung mekanis kepada komponen, penyalur panas dan sebagai isolator listrik. Bahan keramik banyak digunakan sebagai substrat film tebal disebabkan karena sifatnya, yaitu kekuatan mekanis yang tinggi, resistivitas yang tinggi pada daerah temperatur yang luas dan sifat *inert*-nya yang berhubungan dengan berbagai kondisi

proses dalam peletakan rangkaian. Keramik yang digunakan pada film tebal meliputi: *porcelain*, *steatite*, *cordierite*, *fosterite*, alumina, beryllia, magnesia, zirconia, yang masing-masing mempunyai sifat-sifat berbeda.

Alumina dengan kadar 96 persen banyak digunakan pada industri film tebal. Alasan utama karena harganya murah dan mempunyai sifat-sifat yang cukup bagus sebagai substrat.

Salah satu dasar untuk mendesain dan merencanakan penelitian ini adalah hasil dari penelitian dan skripsi dari Popong Effendrik pada tahun 1997 dengan judul “Karakterisasi Konduktor Pasta Palladium-Perak Pada Substrat Alumina Dengan Teknologi Hibrida Film Tebal”. Desain konduktor yang dibuat hanya menggunakan *screen* T200. Pada penelitian “Karakterisasi VCR dan TCR Konduktor Pasta Palladium-Perak Pada Substrat Alumina Dengan Teknologi Film Tebal” *screen* yang digunakan yaitu T150, T165, T185 serta menggunakan desain *aspect ratio* yang berbeda.

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 dan perak, palladium dan emas, platina dan emas serta macam-macam campuran. (M. Julius, 1997)

2.1.1 Pasta Film Tebal

Pasta yang diperlukan dalam teknologi film tebal terdiri dari berbagai macam pasta sesuai dengan fungsinya. Macam-macam pasta film tebal antara lain yaitu:

- 1) Pasta resistor, pasta yang mempunyai fungsi untuk membentuk resistor dengan berbagai nilai resistansi.
- 2) Pasta dielektrik, pasta yang mempunyai fungsi untuk menghasilkan lapisan dielektrik.
- 3) Pasta konduktor, pasta yang mempunyai fungsi untuk membentuk konduktor.

Pasta konduktor ditunjukkan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pasta Konduktor Film Tebal

- 4) Pasta pelindung (*coating*), pasta yang mempunyai fungsi untuk menghasilkan lapisan pelindung rangkaian.
- 5) Pasta solder, pasta yang mempunya fungsi sebagai bahan solder.

2.1.2 Konduktor Film Tebal

Selain sebagai jalur penghubung antara komponen aktif dan pasif pada rangkaian teknologi film tebal, fungsi konduktor film tebal adalah:

1) Jalur Interkoneksi

Biasanya konduktor berfungsi untuk memindahkan sinyal dari bagian yang satu ke bagian yang lain. Untuk melakukan fungsi tersebut maka konduktor harus mempunyai daya hantar yang cukup baik.

2) Terminal untuk Resistor

Konduktor mempunyai fungsi sebagai terminal resistor yang akan turut menentukan dimensi resistor. Yang perlu diperhatikan adalah bahan konduktor dan bahan resistor harus mempunyai daya ikat yang cukup baik.

3) Konduktor Tempat Penyolderan *Lead (pad)*

Dalam suatu sistem elektronika yang kompleks biasanya terdiri atas gabungan antara sistem yang satu dengan sitem yang lain. Untuk menghubungkan antara sistem yang satu dengan sistem yang lain tersebut, maka diperlukan kaki (*lead*). Dalam suatu sistem yang dibuat dengan teknologi film tebal, maka kaki ini dilekatkan pada konduktor yang terletak di tepian substrat. Konduktor menempelnya *lead* tersebut biasanya disebut dengan *pad*.

4) Konduktor untuk *Crossover*

Dalam suatu sistem elektronika yang kompleks biasanya terjadi jalur konduktor yang satu harus bersilangan dengan jalur konduktor yang lain tanpa ada kebocoran sinyal. Untuk mencegah kebocoran sinyal, maka dibutuhkan

penyekatan dengan bahan dielektrik di atarara kedua jalur konduktor yang bersilangan tersebut. Lapisan penyekat tersebut biasanya disebut *crossover*.

5) Elektroda Kapasitor

Kapasitor dalam teknologi film tebal dapat dibuat dengan jalan membuat lapisan konduktor sebagai lapisan dasar atau lapisan pertama, kemudian diikuti dengan membuat lapisan dari bahan dilektrik dan kemudian dilapisi lagi dengan konduktor sebagai lapisan ketiga.

6) Konduktor Tempat Mengikatkan Chip

Komponen aktif dalam bentuk chip seperti transistor, diode atau IC sering kali dipasangkan pada substrat dengan cara pengikatan menggunakan kawat emas. Di sini harus menggunakan konduktor dengan kadar emas tinggi yang akan menghasilkan ikatan yang baik dengan kawat emas.

7) Konduktor untuk membuat Resistor dengan harga rendah

Untuk membuat resistor film tebal dengan harga rendah, maka dapat digunakan konduktor. Konduktor dibuat berbentuk labirin.

2.1.3 Senyawa Pembentuk Pasta Konduktor

Pasta konduktor yang dikeluarkan pabrik merupakan hasil campuran dari berbagai senyawa. Pada umumnya pasta konduktor disusun dari tiga senyawa utama, yaitu:

1) Partikel-partikel Logam atau Paduan Logam

Partikel-partikel ini merupakan komponen utama pembentuk lapisan konduktor. Logam yang digunakan harus tahan terhadap suhu tinggi. Untuk itu, digunakan logam mulia.

2) Senyawa Gelas

Senyawa gelas berfungsi sebagai pengikat partikel-partikel logam serta pembentuk lapisan yang memungkinkan penempelan partikel-partikel logam pada substrat. Senyawa gelas yang sering digunakan antara lain, yaitu: Bismuth Oksida, Cadmium Oksida, dan Timbal Borrosilikat.

3) Senyawa organik

Senyawa organik dalam pasta berfungsi sebagai senyawa yang memberikan sifat fluida pada partikel-partikel logam dan senyawa gelas. Dengan terbentuknya sifat fluida, maka pasta dapat dicetakkan pada substrat dengan metode screen

printing. Senyawa organik yang biasanya digunakan antara lain, yaitu: terenten dan resin.

2.1.4 Jenis Pasta Konduktor

Pasta konduktor yang digunakan untuk membentuk sistem dengan teknologi film tebal dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan sistem logam pembentuknya, yaitu :

1) Sistem logam tunggal

Sistem logam tunggal yang digunakan dalam pembentukan pasta konduktor ini merupakan sistem yang pertama kali dibuat oleh pabrik pada awal kemunculan teknologi ini. Logam yang pertama kali dipergunakan dalam membentuk pasta adalah logam perak. Saat ini logam perak masih banyak dipergunakan karena harganya murah, daya lekatnya tinggi dan mudah disolder. Dan kelemahan perak adalah ion-nya mudah mengalami migrasi. Apabila pada rangkaian *hybrids* akan dipasang devais silicon dengan menggunakan cara *eutectic* atau *wire bonding* dengan kawat emas, maka dibutuhkan pasta konduktor jenis senyawa tunggal yang dibentuk dari bahan dasar emas. Kelemahan dari konduktor emas adalah harganya mahal dan kemampuan untuk disolder rendah.

2) Sistem logam paduan

Untuk mendapatkan sistem pasta dengan harga yang lebih murah dan kemampuan yang tidak kalah dari sistem logam tunggal, maka diusahakan pembuatan pasta dengan sistem logam paduan. Sistem logam paduan yang hingga kini telah dikembangkan antara lain, yaitu: Platina-Emas, Palladium-Perak, Palladium-Emas dan lain-lain.

2.1.5 Substrat Film Tebal

Substrat merupakan salah satu bagian yang sangat penting pada pembuatan sistem teknologi film tebal. Selain sebagai media interkoneksi antara komponen aktif dan pasif, pelapisan pada pembentukan pola jalur konduktor, resistor serta kapasitor dilakukan secara langsung di atas media substrat tersebut. Substrat alumina ditunjukkan dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Substrat Alumina.

Substrat dalam teknologi film tebal harus mempunyai kriteria sebagai berikut:

1) Kekuatan mekanik

Substrat tidak mudah patah dan berubah bentuk.

2) Tahan suhu tinggi

Pada proses pembakaran pasta, beberapa pasta tertentu memerlukan suhu tinggi sehingga dibutuhkan substrat yang tahan terhadap suhu yang tinggi tanpa mengalami perubahan.

3) *Inert*

Inert adalah tidak berubah sifat akibat bereaksi terhadap bahan kimia pasta maupun efek samping dalam proses fabrikasi film tebal.

4) Resistivitas

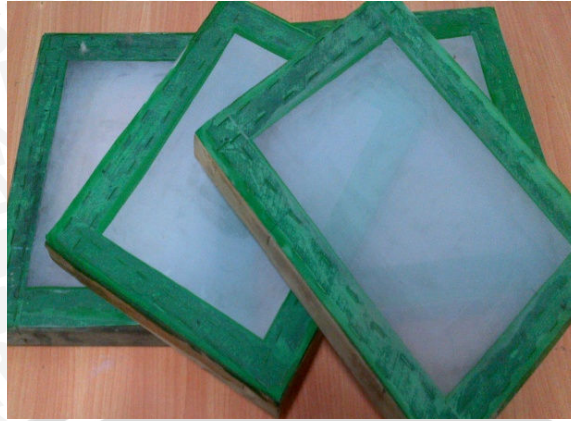
Substrat harus merupakan isolator yang baik atau resistivitasnya sangat tinggi.

5) Konduktor termal

Substrat harus bersifat konduktor termal. Hal ini untuk mengurangi pemanasan lokal akibat disipasi termal komponen tertentu. (Harper, 1974 : 3-5)

2.1.6 Screen

Screen merupakan tenunan berlubang-lubang yang terbuat dari serat. Fungsi *screen* adalah sebagai tempat pembentukan pola yang akan dicetak dan menentukan ketebalan pasta yang dilekatkan. Serat yang digunakan untuk membentuk jaring-jaring suatu *screen* terbuat dari berbagai macam bahan. Bahan yang digunakan adalah *polyester*, *nylon*, dan *stainless steel*. Bentuk *screen* ditunjukkan dalam Gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Screen Film Tebal*.

Bentuk dan konstruksi rangka *screen* sangat penting dalam mendapatkan hasil perekatan yang baik dan bagus. Syarat-syarat rangka *screen* adalah:

- 1) Tidak berubah bentuk dalam segala temperatur.
- 2) Rangka *screen* harus bebas dari permukaan-permukaan yang kasar.
- 3) Bagian rangka *screen* yang bertemu dengan kain *screen* harus halus dan licin.
- 4) Rangka *screen* tidak berubah dalam keadaan basah atau kering.
- 5) Tahan terhadap bahan-bahan kimia yang digunakan dalam proses pencetakan (M. Julius, 1997).

2.1.7 Resis

Resis merupakan suatu cairan yang bersifat peka terhadap suatu cahaya. Dengan sifatnya yang peka terhadap cahaya, maka cairan ini digunakan untuk membentuk pola konduktor pada *screen*.

2.1.8 Hair Dryer

Proses pengeringan *screen* yang telah dilapisi oleh cairan pembentuk pola dilakukan dengan mengalirkan udara hangat ke *screen* di ruang gelap hingga cairan yang melapisi *screen* kering ditunjukkan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Hair Dryer.

2.1.9 Cairan Penghapus

Apabila hasil pemindahan gambar pada *screen* tidak bagus atau tidak sesuai dengan yang diinginkan, maka dapat dilakukan penghapusan dengan cairan penghapus M3.

2.1.10 Kaca

Kaca merupakan media yang digunakan untuk menambah berat dalam proses pemindahan gambar pola pada *screen*. Penambahan berat ini dimaksudkan untuk menambah tekanan penempelan film pada *screen* sehingga hasil yang diperoleh menjadi lebih bagus.

2.1.11 Cahaya

Pemakaian cahaya digunakan untuk pemindahan gambar yang akan dicetak pada *screen*. Cahaya yang digunakan adalah cahaya matahari atau cahaya lampu.

2.1.12 Rakel

Rakel digunakan untuk proses penyaputan *screen* yang memindahkan pasta ke substrat alumina dengan cara menekan dengan kemiringan sudut 45° - 60° terhadap permukaan *screen*. Rakel ditunjukkan dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Rakel.

2.1.13 Oven

Proses pengeringan tahap awal setelah pasta dicetak pada substrat alumina adalah proses pengeringan yang dilakukan dengan memasukkan ke dalam oven dengan waktu lebih kurang 15 menit. Bentuk oven ditunjukkan dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Oven.

2.1.14 Furnace

Untuk proses pembentukan konduktor yang dibuat dengan menggunakan pasta palladium-perak pada substrat alumina membutuhkan pembakaran suhu tinggi. Berikut adalah bentuk furnace ditunjukkan dalam Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Furnace Vulcan A-550.

2.2 Konduktor

Konduktor adalah bahan yang dapat dengan mudah menghantarkan arus listrik sehingga konduktor sering disebut juga penghantar listrik yang baik. Pada konduktor yang baik, jumlah elektron-elektron bebas, yaitu elektron-elektron yang mempunyai energi cukup besar (terletak pada lintasan yang paling luar) adalah banyak dan bebas bergerak, misalkan pada bahan tembaga, setiap atom tembaga menyumbangkan 1 elektron bebas. Tembaga sebagai zat yang memiliki nomor atom 29, mempunyai satu elektron bebas pada kulit terluarnya. Elektron ini yang bertugas untuk menghantarkan listrik ketika penghantar tersebut diberi tegangan.

Penghantar dalam elektronika adalah zat yang dapat menghantarkan arus listrik, baik berupa zat padat atau zat cair, sedang zat gas (udara) merupakan isolator alam. Karena sifatnya yang konduktif maka disebut konduktor. Konduktor yang baik adalah yang memiliki tahanan jenis yang kecil, misalnya air dan emas.

2.3 Koefisien Tegangan Resistansi Konduktor

Dengan adanya kemungkinan perubahan nilai resistansi konduktor karena perubahan tegangan yang diberikan pada konduktor, maka dikenal dengan koefisien tegangan resistansi atau VCR (*Voltage Coefficient of Resistance*). VCR digunakan untuk mengetahui kualitas bahan pembentuk konduktor sehingga menjadi pertimbangan dalam pemilihan bahan. Dalam sebuah rangkaian elektronika nilai VCR konduktor menunjukkan perubahan nilai resistansi konduktor akibat perubahan tegangan yang dialirkan ke rangkaian. Jika nilai VCR semakin mendekati nilai nol maka kualitas konduktor akan semakin baik.

Nilai koefisien tegangan resistansi konduktor didapatkan dengan melakukan pengukuran nilai resistansi konduktor pada kondisi tegangan yang berbeda pada

konduktor yang sama. Maka nilai koefisien tegangan resistansi ditunjukkan dalam Persamaan (2.1):

$$VCR = \frac{R2-R1}{R1 (V2-V1)} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

V1 = tegangan saat pengukuran R1 (V).

V2 = tegangan saat pengukuran R2 (V).

R1 = resistansi saat tegangan V1 (Ω).

R2 = resistansi saat tegangan V2 (Ω).

VCR = koefisien tegangan resistansi (V^{-1}).

Jenis koefisien tegangan resistansi, yaitu :

- 1) Koefisien tegangan positif, menunjukkan kenaikan nilai resistansi akibat kenaikan tegangan.
- 2) Koefisien tegangan negatif, menunjukkan penurunan nilai resistansi akibat kenaikan tegangan.
- 3) Koefisien tegangan nol, menunjukkan tidak berubahnya nilai resistansi akibat kenaikan maupun penurunan tegangan.

2.3 Koefisien Suhu Resistansi Konduktor.

Dengan adanya kemungkinan perubahan nilai resistansi konduktor akibat perubahan suhu lingkungan, maka dikenal nilai koefisien suhu resistansi atau TCR (*Temperature Coefficient of Resistace*). TCR digunakan untuk mengetahui kualitas bahan pembentuk konduktor sehingga menjadi pertimbangan dalam pemilihan bahan. Dalam sebuah rangkaian elektronika nilai TCR konduktor menunjukkan perubahan nilai resistansi konduktor akibat perubahan suhu lingkungan. Jika nilai TCR semakin mendekati nilai nol maka kualitas konduktor akan semakin baik.

Nilai koefisien suhu resistansi didapatkan dengan melakukan pengukuran resistansi pada dua kondisi suhu lingkungan yang berbeda pada konduktor yang sama. Maka nilai koefisien suhu resistansi ditunjukkan dalam Persamaan (2.2)

$$TCR = \frac{R_2 - R_1}{R_1 (T_2 - T_1)} \cdot 10^6 \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

T1 = suhu saat pengukuran R1 ($^{\circ}\text{C}$).

T2 = suhu saat pengukuran R2 ($^{\circ}\text{C}$).

R1 = resistansi saat tegangan T1 (Ω).

R2 = resistansi saat tegangan T2 (Ω).

TCR = koefisien tegangan resistansi ($\text{ppm}^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Jenis koefisien suhu resistansi, yaitu :

- 1) Koefisien suhu positif, menunjukkan kenaikan nilai resistansi akibat kenaikan suhu.
- 2) Koefisien suhu negatif, menunjukkan penurunan nilai resistansi akibat kenaikan suhu.
- 3) Koefisien suhu nol, menunjukkan tidak berubahnya nilai resistansi akibat kenaikan maupun penurunan suhu.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penyusunan proposal ini didasarkan pada masalah yang bersifat aplikatif, yaitu perencanaan dan perealisasi penelitian agar dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan dengan mengacu pada rumusan masalah. Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan penelitian yang dirancang adalah penentuan spesifikasi bahan, studi literatur, perancangan, pengujian, dan pengambilan kesimpulan.

3.2 Penentuan Spesifikasi Konduktor

Spesifikasi konduktor secara global ditentukan terlebih dahulu sebagai acuan dalam perancangan selanjutnya. Berupa cara pembuatan, pemilihan material dan perancangan antara lain:

- 1) Fabrikasi konduktor menggunakan teknologi film tebal (*Thick Film*).
- 2) Substrat yang digunakan adalah substrat alumina.
- 3) Pasta konduktor terbuat dari Palladium-Perak Dupont 6125
- 4) Rancangan konduktor dibuat dengan ukuran dan bentuk yang mengacu pada aspek rasio dengan 4 kelompok rancangan yang berbeda.

3.3 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari teori penunjang sistem yang dibutuhkan dalam perencanaan dan pembuatan alat. Teori yang diperlukan antara lain berkaitan dengan karakteristik konduktor, koefisien tegangan resistansi konduktor, koefisien suhu resistansi konduktor, teknologi film tebal dan material dalam pembuatan teknologi film tebal.

3.4 Perancangan Konduktor

Pada penelitian ini, akan dibuat konduktor dengan ukuran dan bentuk yang berbeda. Konduktor tersebut akan dibuat dengan pasta Palladium-Perak. Variasi rancangan bentuk konduktor ditunjukkan dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Variasi Bentuk Konduktor Film Tebal

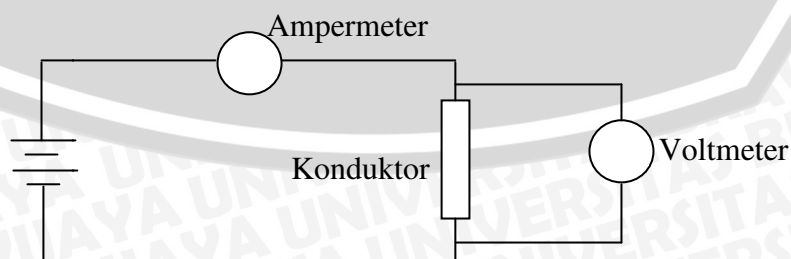
Pembuatan desain tata letak konduktor dilakukan dengan menggunakan software Corel Draw X3.

Konduktor yang dibuat dengan teknologi film tebal mempunyai tahapan-tahapan dalam proses pembuatannya antara lain proses pembuatan *screen* dan proses pembuatan konduktor film tebal.

3.5 Pengujian Alat dan Analisis

Untuk menganalisis konduktor apakah sesuai dengan yang direncanakan maka dilakukan pengujian sistem. Pengujian dilakukan dengan cara antara lain:

- 1) Pengukuran dimensi konduktor dilakukan dengan mengukur menggunakan profil proyektor dengan ketelitian tinggi apakah sesuai dengan ukuran yang telah dirancang.
- 2) Pengukuran resistansi konduktor menggunakan ohm meter dengan akurasi tinggi.
- 3) Untuk mengukur nilai VCR dan TCR dalam penelitian ini, maka pengukuran digunakan metode Amperemeter-Voltmeter dengan voltmeter ditunjukkan dalam Gambar 3.2



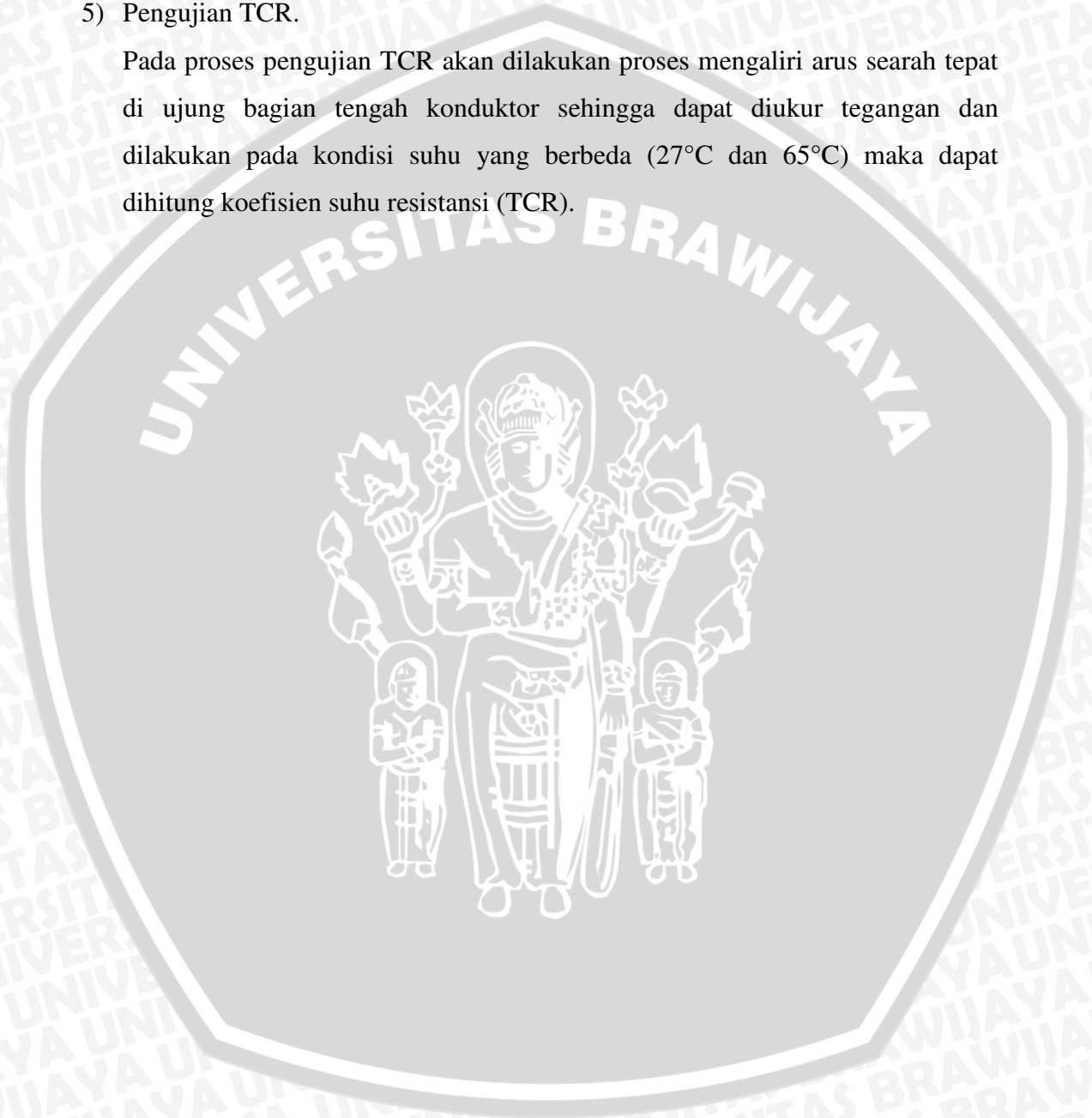
Gambar 3.2 Metode Pengukuran Amperemeter-Voltmeter

4) Pengujian VCR.

Pada pengujian VCR akan dilakukan proses mengalir arus searah tepat di ujung bagian tengah konduktor sehingga dapat diukur tegangan dan dihitung koefisien tegangan resistansi (VCR).

5) Pengujian TCR.

Pada proses pengujian TCR akan dilakukan proses mengalir arus searah tepat di ujung bagian tengah konduktor sehingga dapat diukur tegangan dan dilakukan pada kondisi suhu yang berbeda (27°C dan 65°C) maka dapat dihitung koefisien suhu resistansi (TCR).



BAB IV

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN

4.1. Perancangan Konduktor Film Tebal

Nilai resistansi konduktor film tebal ditentukan oleh dimensi atau ukuran konduktor dan resistivitas lembar (*sheet resistivity*) pasta yang digunakan. Nilai resistansi konduktor yang dibuat dengan menggunakan teknologi film tebal ditunjukkan dalam Persamaan (4.1) – (4.3) dan dimensi konduktor film tebal ditunjukkan dalam Gambar 4.1.

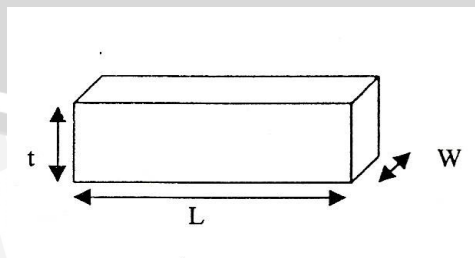
$$R = \rho \frac{L}{tW} \dots\dots\dots (4.1)$$

$$R_s = \frac{\rho}{t} \dots\dots\dots (4.2)$$

$$R = R_s \frac{L}{W} \dots\dots\dots (4.3)$$

Keterangan:

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



Gambar 4.1 Dimensi Konduktor Film Tebal

4.1.1 Aturan Perancangan Konduktor Film Tebal

Aturan perancangan konduktor dalam sebuah sistem elektronika 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.
6. Konduktor sebaiknya tidak dilekatkan pada pinggir substrat, karena akan membutuhkan pelekatan khusus dan akan menyebabkan kerusakan fisik.
7. Jarak antara konduktor dengan pinggir substrat minimal 0,762 mm.
8. Pad untuk menempelkan kaki (lead) harus sebesar mungkin, lebar pad minimal 2-3 kali diameter lead atau sekitar 1,875 mm.
9. Hindari *crossover* bila memungkinkan, karena *crossover* akan menambah biaya produksi dan menambah kesulitan dalam pembuatan sistem secara keseluruhan. (Harper, Charles A. 1974:1-110)

4.1.2 Perancangan Konduktor pada Substrat

Bahan yang digunakan sebagai lapisan konduktor film tebal yaitu berbahan dasar Palladium-Perak. Faktor yang menentukan nilai resistansi konduktor film tebal yaitu resistivitas lembaran (R_s) dan *aspect ratio* (l/w) ditunjukkan dalam Persamaan 4.3.

Untuk mengetahui ukuran rancangan yang terbagi dalam 4 kelompok desain dengan *aspect ratio* (l/w) yang berbeda ditunjukkan dalam Tabel 4.1, 4.2, 4.3, dan 4.4.

Tabel 4.1 Dimensi dengan *Aspect Ratio* 1

Nilai L dan W Sama

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

Tabel 4.2 Dimensi dengan *Aspect Ratio* 5.

Nilai L dan W Berbeda

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

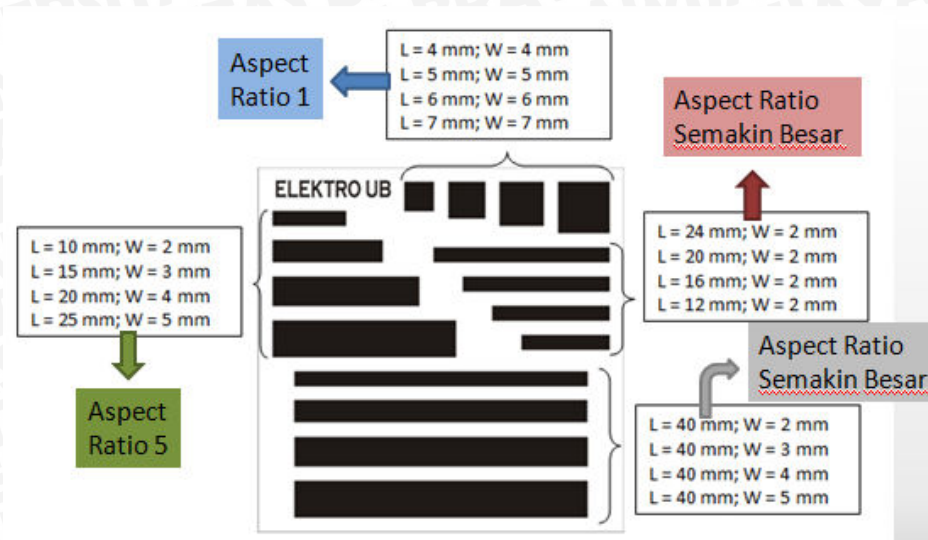
Tabel 4.3 Dimensi dengan *Aspect Ratio* Semakin Besar. Nilai L Berbeda W Sama

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

Tabel 4.4 Dimensi dengan *Aspect Ratio* Semakin Besar. Nilai L Sama W Berbeda

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

Bentuk rancangan 4 kelompok desain akan dibuat pada setiap keping substrat dengan ukuran *screen* kain 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 4.2



Gambar 4.2 Bentuk Rancangan Tata letak Konduktor Film Tebal

4.2 Pembuatan Pola Konduktor

4.2.1 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.

4.2.2 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.

4.2.3 Perangkat Lunak (*software*)

Pembuatan desain tata letak konduktor dengan ketelitian tinggi dilakukan dengan menggunakan software Corel Draw X3.

4.2.4 Proses pembuatan Pola Konduktor

Proses pembuatan pola konduktor yaitu dilakukan dengan mencetak pola pada kertas dengan menggunakan printer. Kualitas gambar sangat mempengaruhi dalam membuat cetakan pada substrat. Apabila gambar yang dicetak terlihat samar atau tidak jelas maka cetakan *screen* akan terbentuk lubang. Setelah cetakan hasil printer sesuai

dengan ukuran sebenarnya maka selanjutnya kertas dengan pola gambar konduktor dilapisi oleh minyak maka kertas akan terlihat transparan.

4.3 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. Menurut ukuran semakin besar ukuran T maka semakin tinggi kerapatan *screen*. Pada proses pembentukan pola konduktor pada *screen* langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

4.3.1 Pembersihan Screen

Pembersihan *screen* cetakan dilakukan untuk membersihkan *screen* dari debu atau bekas sisa cetakan yang menempel pada *screen*. Proses pembersihan *screen* ditunjukkan dalam Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Proses Pembersihan Screen

4.3.2 Pemberian Resis pada Screen

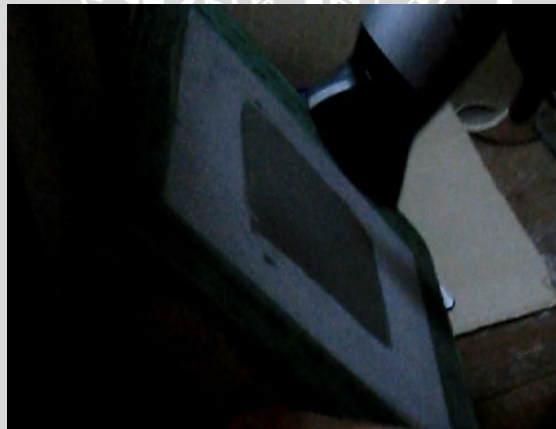
Larutan peka cahaya atau resis dilapiskan pada permukaan *screen* bagian luar dan bagian dalam dengan menggunakan rakel dengan gerakan satu arah dari atas ke bawah dan dari kiri ke kanan sampai rata. Proses pelapisan resis ditunjukkan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Proses Pelapisan Resis ke Permukaan *Screen*

4.3.3 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 4.5.



Gambar 4.5 Proses Pengeringan Resis pada Permukaan *Screen*

4.3.4 Pengalihan Gambar Tata Letak ke *Screen*

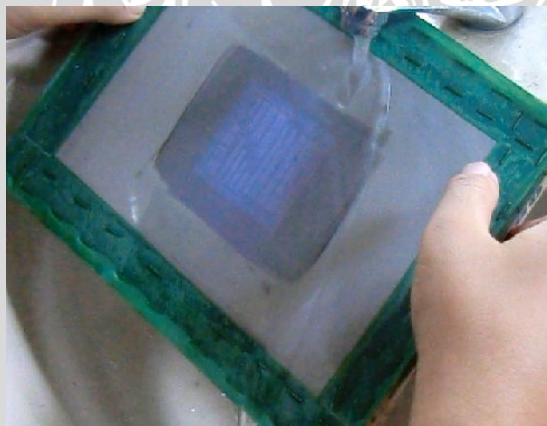
Hasil gambar pada film di letakkan pada permukaan yang menghadap *screen* bagian luar dan di letakkan pada posisi gambar terbalik agar sesuai dengan gambar rancangan konduktor. Kemudian gunakan kaca untuk memberi tekanan pada gambar terhadap *screen* agar gambar tidak bergeser. Selanjutnya *screen* tersebut disinari dengan lampu atau sinar matahari. Proses penyinaran ditunjukkan dalam Gambar 4.5



Gambar 4.6 Proses Penyinaran Menggunakan Lampu

4.3.5 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 4.7.



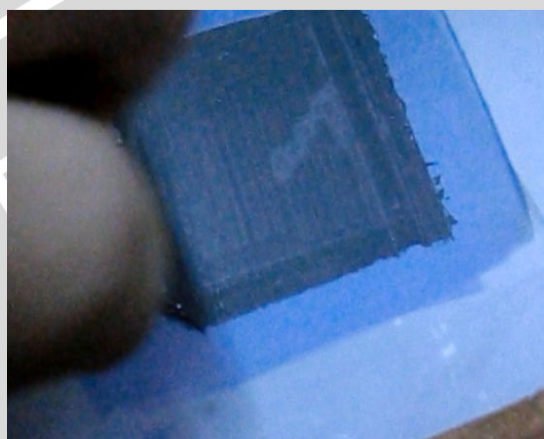
Gambar 4.7 Proses menciptakan Pola cetakan

4.3.6 Pembersihan substrat

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

4.3.7 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*. Proses penyaputan ditunjukkan dalam Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Proses Penyaputan Menggunakan Rakel

4.4 Proses Pembentukan Konduktor

Sebelum proses pembentukan konduktor, pasta yang dilekatkan pada substrat belum bersifat sebagai konduktor. Proses pembentukan konduktor terdiri dari langkah-langkah, yaitu perataan (*leveling*), pengeringan (*drying*), pembakaran (*firing*) dan pendinginan (*cooling*). Setiap langkah dalam proses pembentukan konduktor memerlukan perlakuan yang berbeda. Langkah-langkah pembentukan konduktor yaitu:

4.4.1 Perataan (*Leveling*)

Agar hasil cetakan pasta 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 jangka waktu 15 menit. (Harper, Charles A. 1975:5-33). Hasil setelah proses cetakan menggunakan *screen* ditunjukkan dalam Gambar 4.8.



Gambar 4.9 Hasil Setelah Proses Pencetakan

4.4.2 Pengeringan (*Drying*)

Setelah proses perataan (*leveling*) maka langkah selanjutnya yang perlu dilakukan pada substrat adalah proses pengeringan (*drying*) dengan menempatkan substrat tersebut pada oven dengan suhu 150°C selama jangka waktu 15 menit. (Harper, Charles A. 1975:5-34). Proses pengeringan ditunjukkan dalam Gambar 4.9.



Gambar 4.10 Proses Pengeringan Menggunakan Oven

4.4.3 Pembakaran (*Firing*)

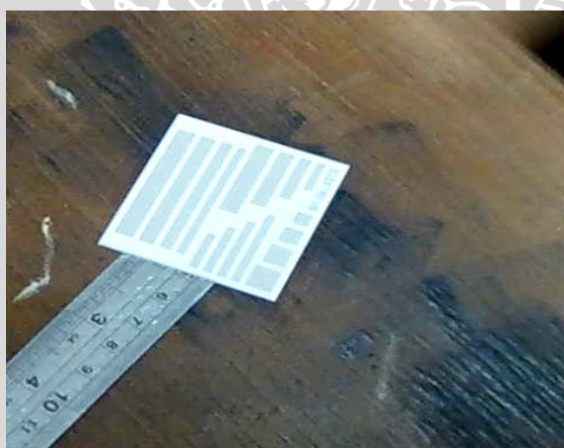
Proses pembakaran (*firing*) berfungsi untuk mengubah pasta yang telah dilekatkan agar menjadi konduktor. Proses ini dilakukan dengan melekatkan substrat yang telah mengalami proses perataan (*levelin*) dan pengeringan (*drying*) ke dalam furnace dengan suhu puncak antara 700°C sampai 1000°C . (Harper, Charles A. 1975:5-8). Proses *firing* ditunjukkan dalam Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Proses *Firing*

4.4.4 Pendinginan (*Cooling*)

Setelah dilakukan proses pembakaran (*firing*), maka substrat didinginkan pada suhu ruangan. Untuk mempercepat turunya suhu substrat, maka substrat diletakan di dekat suhu pendingin. Hasil setelah proses *firing* ditunjukkan dalam Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Hasil Setelah Proses *Firing*

4.5 Pembuatan Konduktor Secara Keseluruhan

Pada proses pembuatan *screen*, langkah pertama adalah mempersiapkan material yang akan digunakan. Kemudian *screen* dibersihkan dengan air yang dicampur dengan sabun untuk membersihkan dari sisa-sisa dari proses sebelumnya. Setelah bersih *screen* dikeringkan dan kemudian dilapisi dengan cairan resis campuran antara autosol dan *sensitizer* pada *screen*.

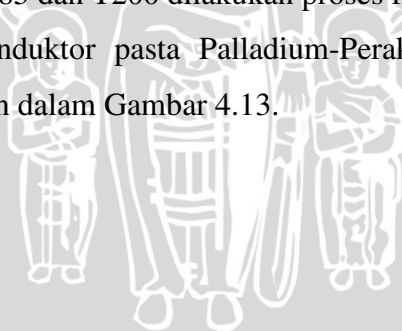
Pada ruang gelap *screen* dikeringkan kemudian pola konduktor yang dirancang diletakkan pada *screen* dan dilapisi kaca serta ditutup dengan kain hitam pada bagian

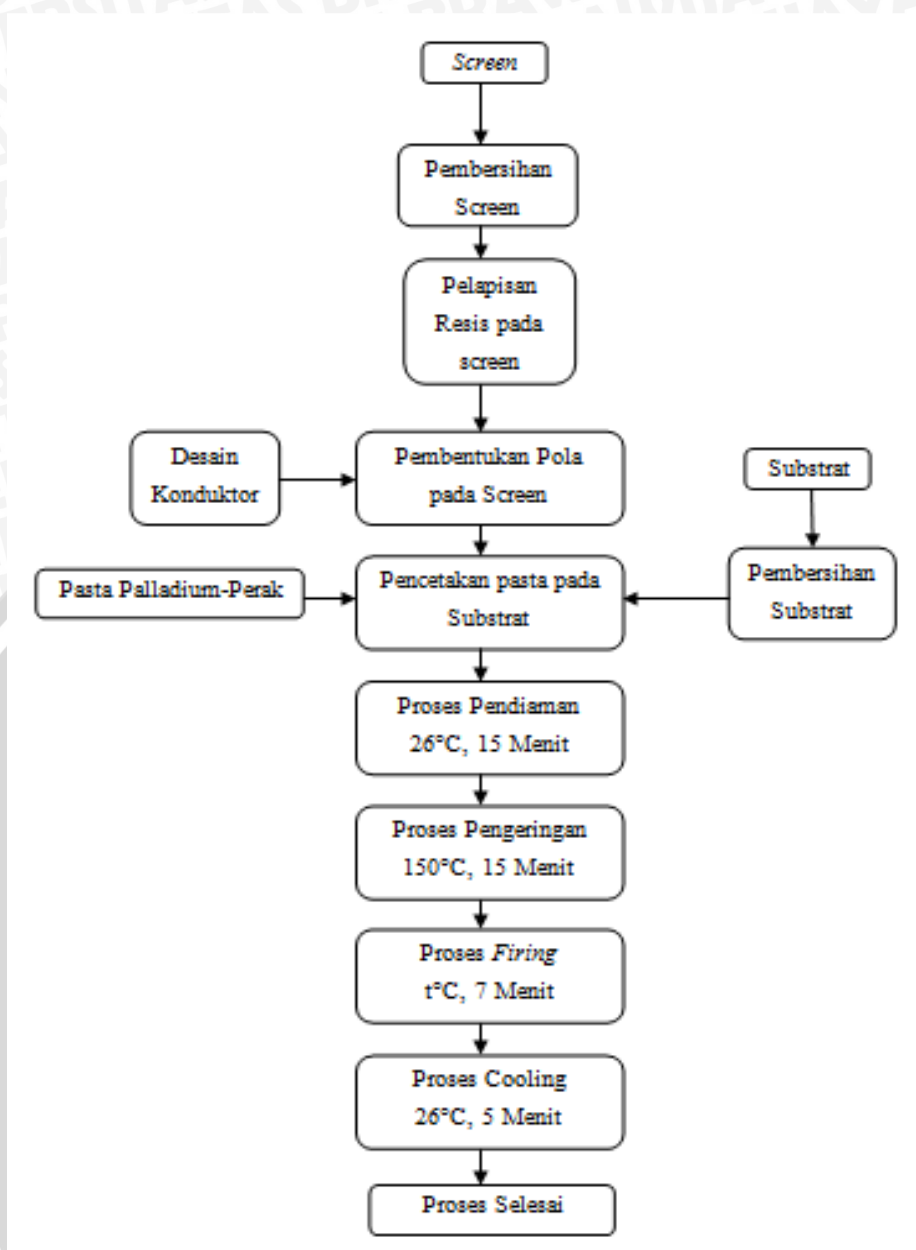
bawah *screen* yang selanjutnya di paparkan sinar lampu *ultraviolet* selama 1 menit. Pola yang diinginkan akan terlihat samar di permukaan *screen* dan segera dibilas dengan air maka akan terlihat pola konduktor yang ingin dicetak. Keringkan *screen* dari air dan *screen* siap untuk digunakan mencetak konduktor.

Proses selanjutnya dilakukan proses pencetakan konduktor. Substrat dibersihkan dari kotoran yang menempel. Kemudian pasta konduktor disiapkan untuk dicetak ke substrat menggunakan *screen* dan dirakel untuk meratakan. Setelah terbentuk hasil cetakan di substrat Alumina kemudian hasil cetakan konduktor yang terdapat pada substrat Alumina di cek apakah hasil sesuai, jika tidak sesuai, maka substrat dihapus dengan cairan M3, dan jika hasil sesuai maka proses dilanjutkan dengan perataan selama 15 menit dan dilanjutkan *drying* dengan suhu 150°C selama 15 menit. Kemudian proses *firing* selama 7 menit pada suhu 600°C. Setelah substrat diangkat dari proses *firing* kemudian didinginkan dengan suhu ruangan selama 5 menit. Maka proses pembuatan konduktor dengan teknologi film tebal selesai.

Untuk mengetahui pengaruh suhu *firing* terhadap hasil dari pembuatan konduktor maka dilakukan dengan pembakaran yang berbeda pada masing-masing substrat. Pada substrat 1-4 menggunakan ukuran *screen* T150, T165, T185 dan T200 dilakukan proses *firing* dengan suhu 600°C. Sedangkan pada substrat 5-8 menggunakan ukuran *screen* T150, T165, T185 dan T200 dilakukan proses *firing* dengan suhu 700°C.

Proses pembuatan konduktor pasta Palladium-Perak pada substrat Alumina secara keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 4.13.

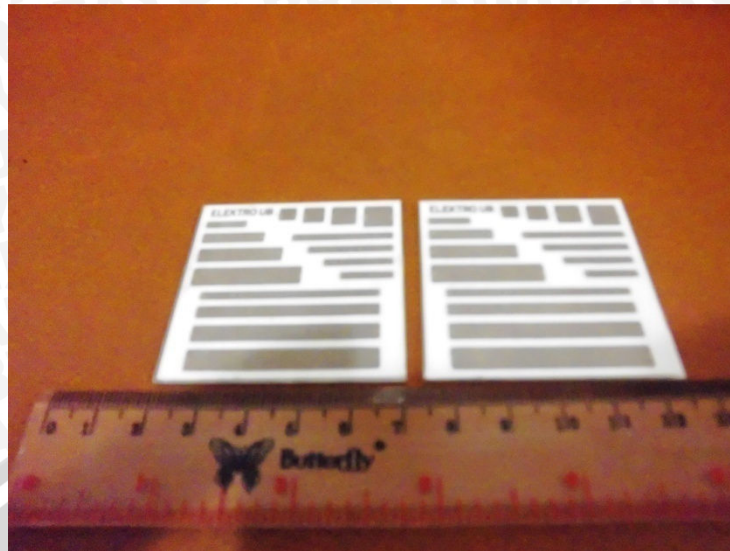




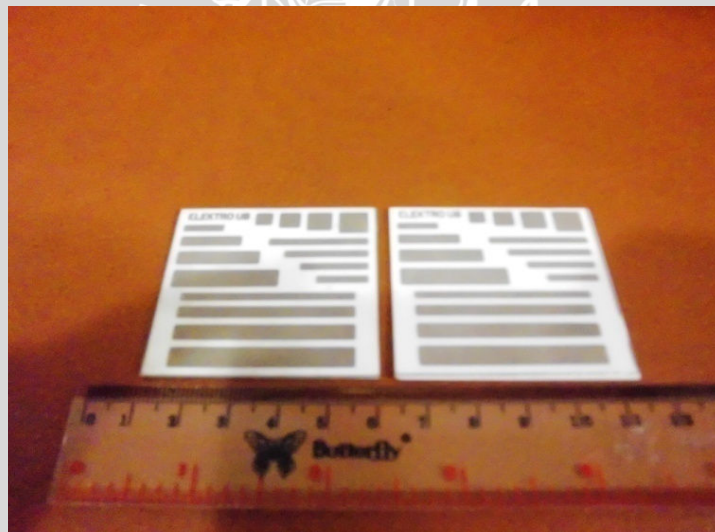
Gambar 4.13 Proses Pembuatan Konduktor Secara Keseluruhan

4.5.1 Hasil Konduktor Pada Substrat Alumina

Hasil konduktor pada substrta 1 dan 2 ditunjukkan dalam Gambar 4.14. Hasil konduktor pada substrta 3 dan 4 ditunjukkan dalam Gambar 4.15. Hasil konduktor pada substrta 5 dan 6 ditunjukkan dalam Gambar 4.16. Hasil konduktor pada substrta 7 dan 8 ditunjukkan dalam Gambar 4.17.



Gambar 4.14 Hasil Konduktor pada Substrat 1 dan 2 Hasil Cetakan *Screen* T200 dengan Proses *Firing* 600°C dan 700°C



Gambar 4.15 Hasil Konduktor pada Substrat 3 dan 4 Hasil Cetakan *Screen* T180 dengan Proses *Firing* 600°C dan 700°C



Gambar 4.16 Hasil Konduktor pada Substrat 5 dan 6 Hasil Cetakan *Screen* T165 dengan Proses *Firing* 600°C dan 700°C



Gambar 4.17 Hasil Konduktor pada Substrat 7 dan 8 Hasil Cetakan *Screen* T150 dengan Proses *Firing* 600°C dan 700°C

BAB V

PENGUKURAN DAN ANALISIS

5.1 Pengukuran Penyimpangan Dalam Proses Pembuatan

5.1.1 Tujuan

Tujuan pengukuran penyimpangan dimensi yaitu untuk mengetahui penyimpangan dalam proses pembuatan konduktor film tebal hasil produksi dengan hasil rancangan.

5.1.2 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam pengukuran dimensi hasil konduktor pada masing-masing substrat yaitu:

- Profil Proyektor Mitutoyo PJ-311

5.1.3 Metode Pengukuran

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan profil 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 profil 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 kaliver. Angka yang muncul pada digital kaliver mempunyai satuan milimeter. Proses pengukuran dengan menggunakan profil proyektor ditunjukkan dalam Gambar 5.1



Gambar 5.1 Proses Pengukuran Menggunakan Profile Proyektor

5.1.4 Hasil Pengukuran pada Substrat

Pengukuran hasil pada substrat dilakukan dengan mengukur panjang (L) dan lebar (W) lapisan konduktor hasil proses. Lapisan konduktor pada substrat yang diukur mempunyai warna coklat tua. Hasil pengukuran dimensi konduktor pada substrat 1 ditunjukkan dalam Tabel 5.1 Hasil pengukuran dimensi konduktor pada substrat yang lain ditunjukkan dalam Lampiran 1. Hasil perhitungan penyimpangan dimensi terhadap rancangan pada substrat 1-4 ditunjukkan dalam Tabel 5.2. Hasil perhitungan penyimpangan dimensi terhadap rancangan pada substrat 5-8 ditunjukkan dalam Tabel 5.3. Nilai rata-rata penyimpangan (L) pada keseluruhan substrat ditunjukkan dalam Gambar 5.2. Nilai rata-rata penyimpangan (W) pada keseluruhan substrat ditunjukkan dalam Gambar 5.3.

Tabel 5.1 Hasil Perhitungan Penyimpangan Dimensi
pada Substrat 1 Terhadap Rancangan

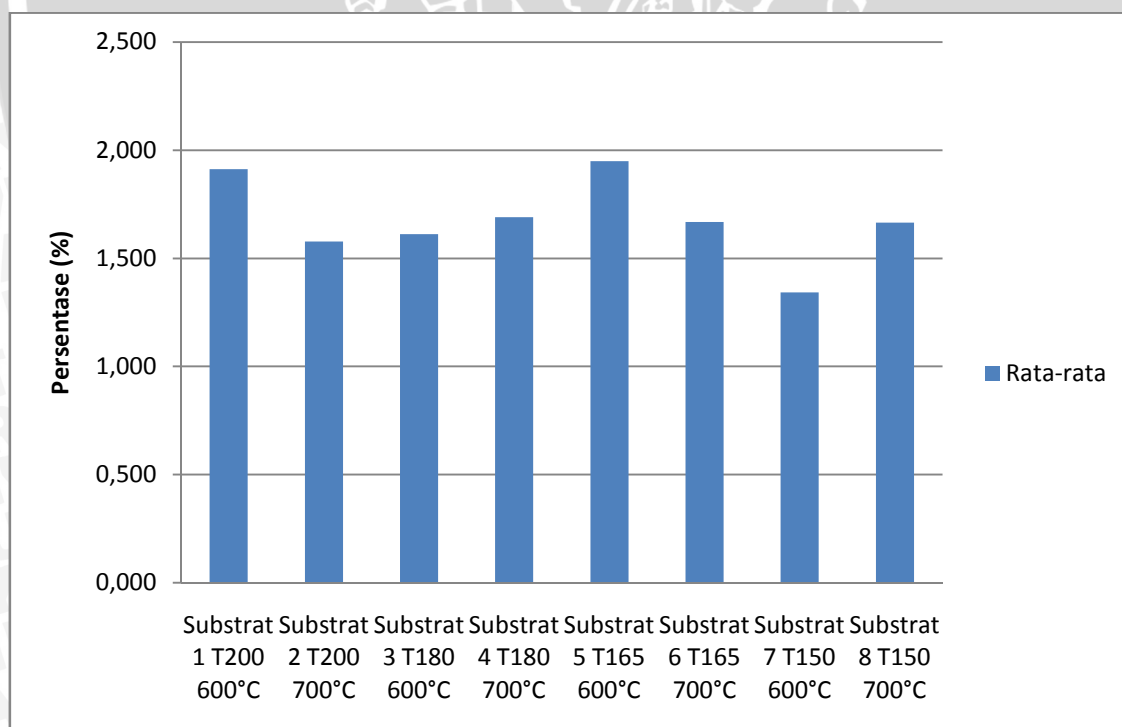
No	Rancangan		Hasil		Penyimpangan	
	L (mm)	W (mm)	L (mm)	W (mm)	L (%)	W (%)
1	4	4	4.231	4.156	5.775	3.900
2	5	5	5.244	5.109	4.880	2.180
3	6	6	6.187	6.136	3.117	2.267
4	7	7	7.104	7.205	1.486	2.929
5	10	2	10.297	2.193	2.970	9.650
6	15	3	15.283	3.229	1.887	7.633
7	20	4	20.295	4.213	1.475	5.325
8	25	5	25.259	5.285	1.036	5.700
9	12	2	12.218	2.131	1.817	6.550
10	16	2	16.202	2.106	1.263	5.300
11	20	2	20.222	2.198	1.110	9.900
12	24	2	24.295	2.241	1.229	12.050
13	40	2	40.251	2.024	0.627	1.200
14	40	3	40.244	3.078	0.610	2.600
15	40	4	40.251	4.065	0.627	1.625
16	40	5	40.276	5.105	0.690	2.100
rata-rata					1.912	5.057

Tabel 5.2 Hasil Perhitungan Penyimpangan Dimensi Terhadap Rancangan pada
Substrat 1-4

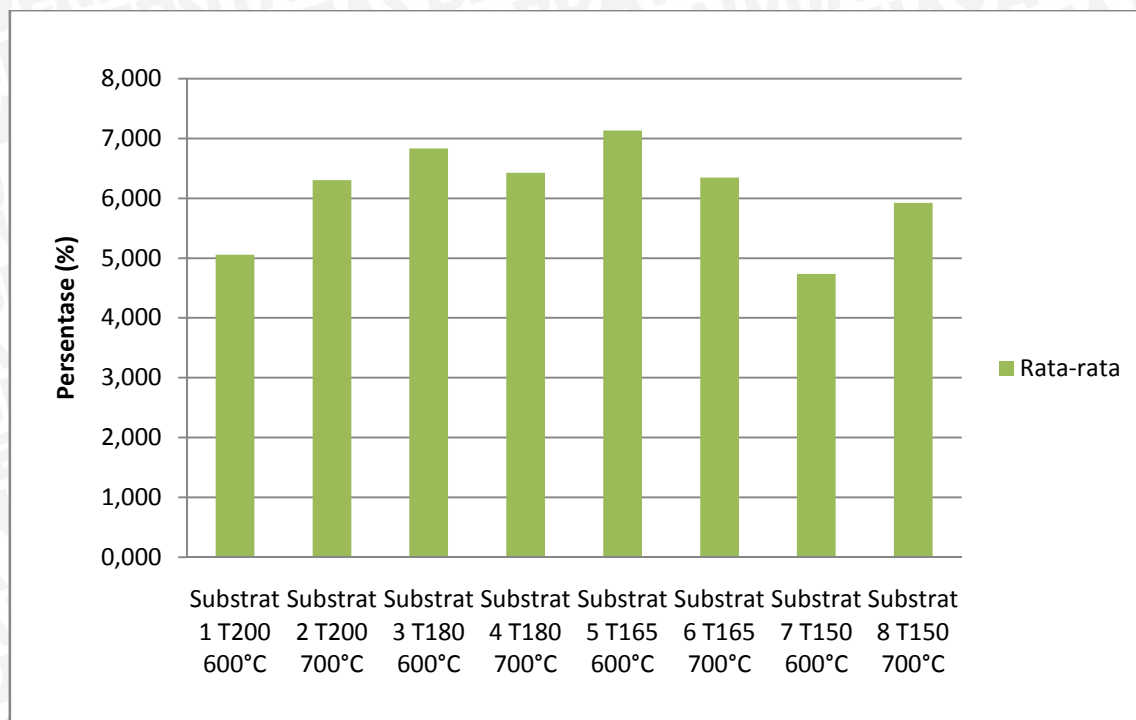
Rancangan		Substrat 1 T200 600°C		Substrat 2 T200 700°C		Substrat 3 T180 600°C		Substrat 4 T180 700°C	
L (mm)	W (mm)	L (%)	W (%)	L (%)	W (%)	L (%)	W (%)	L (%)	W (%)
4	4	5.775	3.900	3.275	3.550	5.625	6.425	6.025	6.325
5	5	4.880	2.180	5.060	2.940	4.080	3.840	2.780	4.200
6	6	3.117	2.267	2.017	3.617	3.483	3.783	3.017	3.550
7	7	1.486	2.929	3.043	2.714	2.086	2.257	2.714	3.129
10	2	2.970	9.650	1.510	9.600	1.840	13.200	1.830	12.550
15	3	1.887	7.633	1.087	3.900	1.000	6.067	1.567	6.533
20	4	1.475	5.325	1.180	4.650	1.105	6.050	1.065	4.075
25	5	1.036	5.700	0.624	4.340	0.748	4.060	0.924	2.200
12	2	1.817	6.550	2.242	8.800	1.758	11.950	1.767	9.350
16	2	1.263	5.300	1.125	9.800	1.169	6.700	1.394	8.100
20	2	1.110	9.900	1.080	10.100	0.895	9.900	0.815	12.050
24	2	1.229	12.050	0.775	8.400	0.879	11.950	0.875	5.750
40	2	0.627	1.200	0.575	13.050	0.307	9.000	0.557	7.800
40	3	0.610	2.600	0.640	6.500	0.262	5.800	0.542	6.867
40	4	0.627	1.625	0.538	5.125	0.275	4.600	0.538	5.075
40	5	0.690	2.100	0.475	3.740	0.288	3.780	0.633	5.240
rata-rata		1.912	5.057	1.578	6.302	1.613	6.835	1.690	6.425

Tabel 5.3 Hasil Perhitungan Penyimpangan Dimensi Terhadap Rancangan pada Substrat 5-8

Rancangan		Substrat 5 T165 600°C		Substrat 6 T165 700°C		Substrat 7 T150 600°C		Substrat 8 T150 700°C	
L (mm)	W (mm)	L (%)	W (%)	L (%)	W (%)	L (%)	W (%)	L (%)	W (%)
4	4	7.450	5.700	5.775	5.275	4.500	4.150	5.425	3.900
5	5	4.560	4.040	4.200	2.860	2.780	2.760	4.600	2.900
6	6	3.917	4.733	3.017	4.017	2.883	2.100	1.983	2.383
7	7	3.243	3.214	2.829	3.014	2.114	1.500	3.057	3.071
10	2	2.120	9.700	1.900	9.700	1.180	6.250	2.130	6.300
15	3	1.513	7.600	1.260	8.033	1.147	3.767	1.427	6.633
20	4	1.020	5.300	0.585	5.775	0.635	2.900	0.615	2.925
25	5	0.844	4.760	0.884	4.200	0.712	3.600	0.700	3.640
12	2	1.758	11.950	1.250	9.800	1.383	9.000	2.233	7.700
16	2	1.363	12.600	1.319	11.200	0.969	8.950	1.081	10.050
20	2	1.105	13.100	1.165	9.100	0.915	7.700	0.965	8.250
24	2	0.987	14.400	0.838	7.800	0.646	6.550	0.667	6.600
40	2	0.252	5.750	0.330	6.950	0.358	6.550	0.390	10.800
40	3	0.463	3.933	0.290	5.433	0.412	3.733	0.422	9.100
40	4	0.282	3.975	0.602	4.050	0.430	2.825	0.465	6.525
40	5	0.313	3.400	0.440	4.340	0.427	3.400	0.482	3.980
rata-rata		1.949	7.135	1.668	6.347	1.343	4.733	1.665	5.922



Gambar 5.2 Nilai Rata-rata Penyimpangan (L) pada Keseluruhan Substrat



Gambar 5.3 Nilai Rata-Rata Penyimpangan (W) pada Keseluruhan Substrat

5.1.5 Analisis

Dari hasil pengukuran dimensi hasil pada substrat, maka dapat dihitung persen penyimpangan dimensi dengan persamaan:

$$\text{Penyimpangan} = \frac{|\text{Dimensi rancangan} - \text{Dimensi hasil pengukuran}|}{\text{Dimensi rancangan}} \times 100 \quad \dots\dots\dots(5.1)$$

Hasil rata-rata penyimpangan L pada keseluruhan substrat adalah 1.677% dan 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.

5.2 Pengukuran Nilai Resistansi Konduktor

5.2.1 Tujuan

Tujuan pengukuran nilai resistansi konduktor yaitu untuk mengetahui nilai resistansi konduktor film tebal hasil proses produksi menggunakan *screen* T200, T180,

T165, T150 dan suhu proses firing 600°C dan 700°C. Dengan mengetahui nilai resistansi konduktor maka nilai R_s dapat dapat pula diketahui.

5.2.2 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam mengukur nilai resistansi konduktor hasil proses yaitu:

- Precision Ohmmeter Applent AT512

5.2.3 Metode Pengukuran

Pengukuran dilakukan langsung di bagian kedua ujung konduktor tepat dibagian tengah dengan menghubungkan probe ohmmeter. Proses pengukuran resistansi konduktor ditunjukkan dalam Gambar 5.2



Gambar 5.4 Hasil Pengukuran Nilai Resistansi Konduktor

5.2.4 Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran resistansi konduktor dengan perbandingan *aspect ratio* 1 pada nilai L dan W yang sama dapat dilihat dalam Tabel 5.4. Hasil pengukuran resistansi konduktor dengan perbandingan *aspect ratio* 5 pada nilai L dan W yang berbeda ditunjukkan dalam tabel 5.5. Hasil pengukuran resistansi konduktor dengan perbandingan *aspect ratio* yang semakin besar pada nilai L berbeda dan W sama dapat ditunjukkan dalam Tabel 5.6. Hasil pengukuran resistansi konduktor dengan perbandingan *aspect ratio* semakin yang besar pada nilai L sama dan W berbeda ditunjukkan dalam tabel 5.7. Nilai rata-rata resistansi konduktor berdasarkan perbedaan *screen* dan suhu *firing* ditunjukkan dalam Tabel 5.8. Perhitungan nilai R_s (*sheet resistivity*) ditunjukkan dalam Tabel 5.9. Grafik Nilai resistansi Konduktor berdasarkan

perbedaan screen dan suhu firing ditunjukkan dalam Gambar 5.5. Grafik nilai resistansi konduktor dengan *aspect ratio* yang semakin besar pada nilai L berbeda W sama dan proses pembuatan menggunakan *screen* T180 dengan suhu *firing* 600°C dan 700°C ditunjukkan dalam Gambar 5.6. Grafik nilai resistansi konduktor yang lain ditunjukkan dalam Lampiran 3. Grafik rata-rata nilai *sheet resistive* (R_s) ditunjukkan dalam Gambar 5.7.

Tabel 5.4 Nilai Resistansi Konduktor dengan Perbandingan *Aspect Ratio* 1 pada Nilai L dan W yang Sama

L (mm)	W (mm)	Aspek Rasio	T200 600°C	T200 700°C	T180 600°C	T180 700°C	T165 600°C	T165 700°C	T150 600°C	T150 700°C
			R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)
4	4	1	0.0788	0.0787	0.1317	0.0935	0.1010	0.0561	0.0831	0.0752
5	5	1	0.0796	0.0746	0.1275	0.0880	0.0992	0.0644	0.1086	0.0789
6	6	1	0.0771	0.0715	0.1223	0.0800	0.1343	0.0552	0.0893	0.0833
7	7	1	0.0791	0.0722	0.1033	0.0773	0.0764	0.0469	0.0892	0.0844
Rata-rata			0.0786	0.0743	0.1212	0.0847	0.1027	0.0556	0.0926	0.0805

Tabel 5.5 Nilai Resistansi Konduktor dengan Perbandingan *Aspect Ratio* 5 pada Nilai L dan W yang Berbeda

L (mm)	W (mm)	Aspek Rasio	T200 600°C	T200 700°C	T180 600°C	T180 700°C	T165 600°C	T165 700°C	T150 600°C	T150 700°C
			R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)
10	2	5	0.1975	0.1639	0.4110	0.2554	0.2517	0.1716	0.2161	0.1779
15	3	5	0.2000	0.1678	0.4480	0.3647	0.2754	0.1984	0.2407	0.2010
20	4	5	0.2419	0.1646	0.4581	0.3027	0.3092	0.2493	0.2749	0.2332
25	5	5	0.2375	0.1880	0.4644	0.3138	0.2983	0.2174	0.2982	0.2633
Rata-rata			0.2192	0.1711	0.4453	0.3092	0.2836	0.2092	0.2575	0.2189

Tabel 5.6 Nilai Resistansi Konduktor Dengan Perbandingan *Aspect Ratio* yang Semakin Besar pada Nilai L Berbeda W sama

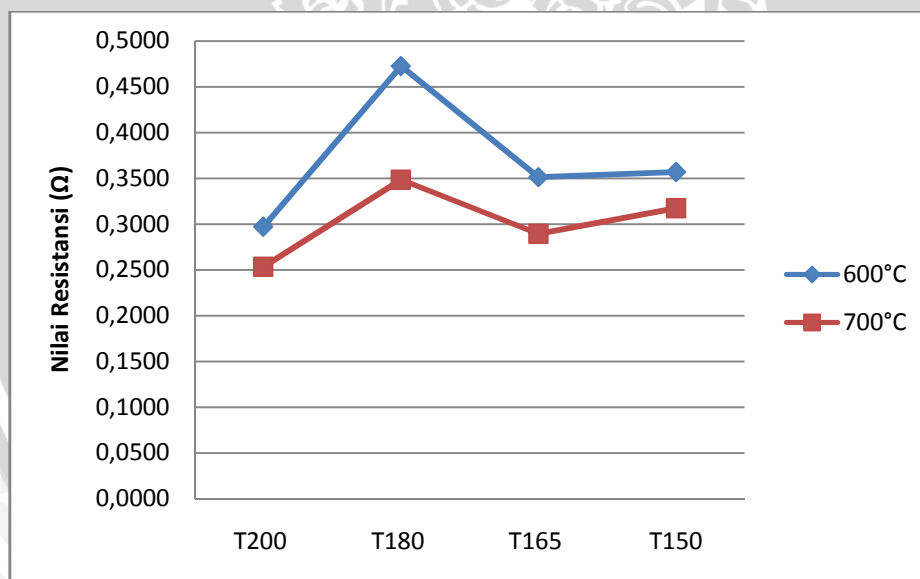
L (mm)	W (mm)	Aspek Rasio	T200 600°C	T200 700°C	T180 600°C	T180 700°C	T165 600°C	T165 700°C	T150 600°C	T150 700°C
			R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)
12	2	6	0.2126	0.2026	0.3666	0.2042	0.2626	0.2490	0.2605	0.2503
16	2	8	0.3722	0.2688	0.4803	0.3267	0.2975	0.2518	0.3487	0.3651
20	2	10	0.4440	0.3931	0.5469	0.4411	0.3081	0.2722	0.4386	0.3933
24	2	12	0.4635	0.4124	0.6773	0.4950	0.3945	0.2772	0.5291	0.4255
Rata-rata			0.3731	0.3192	0.5178	0.3668	0.3157	0.2625	0.3942	0.3586

Tabel 5.7 Nilai Resistansi Konduktor Dengan Perbandingan Aspect Ratio yang Semakin Besar Pada Nilai L Sama W Berbeda

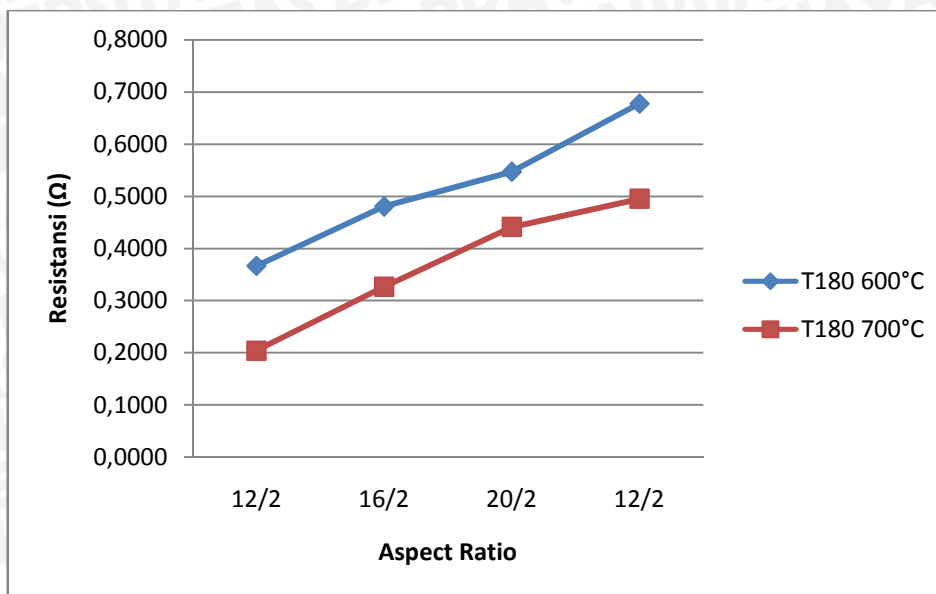
L (mm)	W (mm)	Aspek Rasio	T200 600°C	T200 700°C	T180 600°C	T180 700°C	T165 600°C	T165 700°C	T150 600°C	T150 700°C
			R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)
40	5	8	0.3451	0.3208	0.4597	0.3454	0.5902	0.4651	0.4991	0.5047
40	4	10	0.4283	0.3833	0.7511	0.7468	0.6386	0.5341	0.6040	0.5209
40	3	13.3	0.5352	0.4725	0.9489	0.8090	0.7666	0.8492	0.7704	0.7197
40	2	20	0.7540	0.6209	1.0623	0.8433	0.8178	0.7746	0.8612	0.8221
Rata-rata			0.5156	0.4494	0.8055	0.6611	0.7033	0.6558	0.6837	0.6418

Tabel 5.8 Nilai Rata-rata Resistansi Konduktor Berdasarkan Perbedaan *Screen* 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



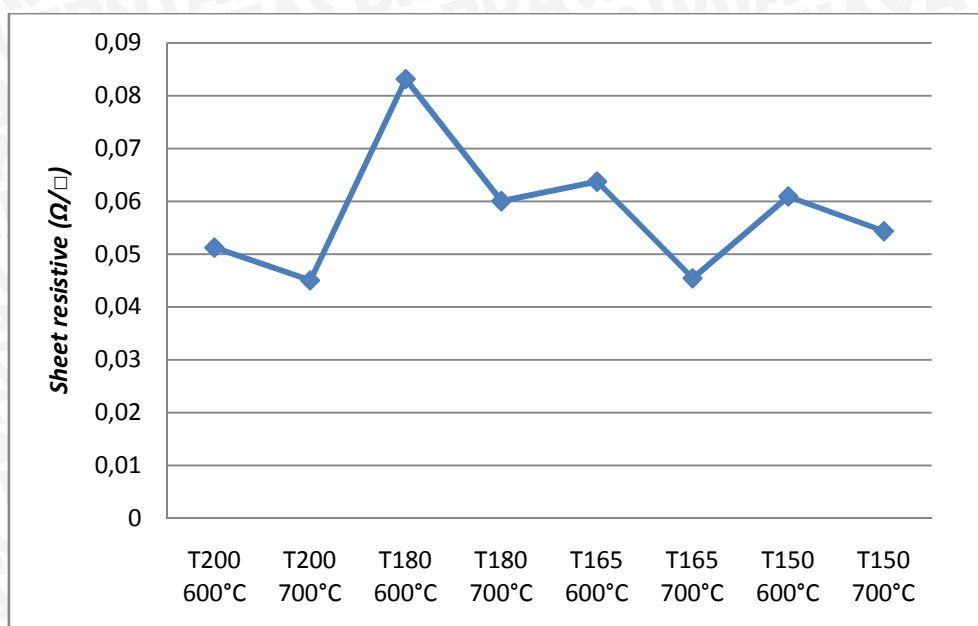
Gambar 5.5. Grafik Nilai Resistansi Konduktor berdasarkan perbedaan *Screen* dan Suhu *Firing*



Gambar 5.6. Grafik Nilai Resistansi Konduktor dengan *Aspect Ratio* yang Semakin Besar pada Nilai L Berbeda W Sama dan Proses Pembuatan Menggunakan Screen T180 dengan Suhu *firing* 600°C dan 700°C

Tabel 5.9 Hasil Perhitungan Nilai Rs (*sheet resistivity*) pada Masing-Masing Substrat

L/W	Aspek Rasio	T200 600°C	T200 700°C	T180 600°C	T180 700°C	T165 600°C	T165 700°C	T150 600°C	T150 700°C
		Rs(Ω/□)	Rs(Ω/□)	Rs(Ω/□)	Rs(Ω/□)	Rs(Ω/□)	Rs(Ω/□)	Rs(Ω/□)	Rs(Ω/□)
4/4	1	0.0788	0.0787	0.1317	0.0935	0.1010	0.0561	0.0831	0.0752
5/5	1	0.0796	0.0746	0.1275	0.0880	0.0992	0.0644	0.1086	0.0789
6/6	1	0.0771	0.0715	0.1223	0.0800	0.1343	0.0552	0.0893	0.0833
7/7	1	0.0791	0.0722	0.1033	0.0773	0.0764	0.0469	0.0892	0.0844
10/2	5	0.0395	0.0328	0.0822	0.0511	0.0503	0.0343	0.0432	0.0356
15/3	5	0.0400	0.0336	0.0896	0.0729	0.0551	0.0397	0.0481	0.0402
20/4	5	0.0484	0.0329	0.0916	0.0605	0.0618	0.0499	0.0550	0.0466
25/5	5	0.0475	0.0376	0.0929	0.0628	0.0597	0.0435	0.0596	0.0527
12/2	6	0.0386	0.0344	0.0564	0.0412	0.0329	0.0231	0.0441	0.0355
16/2	8	0.0444	0.0393	0.0547	0.0441	0.0308	0.0272	0.0439	0.0393
20/2	10	0.0465	0.0336	0.0600	0.0408	0.0372	0.0315	0.0436	0.0456
24/2	12	0.0354	0.0338	0.0611	0.0340	0.0438	0.0415	0.0434	0.0417
40/5	8	0.0431	0.0401	0.0575	0.0432	0.0738	0.0581	0.0624	0.0631
40/4	10	0.0428	0.0383	0.0751	0.0747	0.0639	0.0534	0.0604	0.0521
40/3	13.33	0.0401	0.0354	0.0712	0.0532	0.0575	0.0637	0.0578	0.0540
40/2	20	0.0377	0.0310	0.0531	0.0422	0.0409	0.0387	0.0431	0.0411
Rata-rata		0.0512	0.0450	0.0831	0.0600	0.0637	0.0454	0.0609	0.0543



Gambar 5.7 Grafik Rata-rata Nilai *Sheet Resistive* (R_s) pada Masing-Masing Substrat

5.2.5 Analisis

Dari pengukuran nilai resistansi konduktor film tebal dengan desain mengacu 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 hasil nilai resistansi konduktor yang semakin besar pula, sehingga nilai resistansi konduktor berbanding lurus dengan *aspect ratio*.

Pengaruh proses *firing* dengan suhu yang berbeda menggunakan keseluruhan *screen* didapat nilai resistansi konduktor cenderung besar seiring dengan penurunan suhu proses *firing* sebesar 600°C dan sebaliknya nilai resistansi konduktor cenderung kecil dengan kenaikan suhu proses *firing* sebesar 700°C.

Pada hasil perhitungan R_s (*sheet resistivity*) yang ditunjukkan pada tabel 5.8 didapat hasil R_s yang tidak stabil, hal itu karena perbedaan desain yang mengacu pada *aspect ratio* dan perbedaan karakteristik cetakan *screen* pada masing-masing substrat.

Pengaruh ukuran *screen* dan suhu *firing* dalam proses pembuatan konduktor film tebal didapat hasil rata-rata R_s terkecil adalah 0.0450Ω/□. Hasil tersebut didapat pada cetakan *screen* T200 dengan suhu *firing* 700°C. Dengan mengacu pada R_s yang dikeluarkan produsen sebesar 0.050Ω/□, maka hasil tersebut menyimpang sebesar 10%.

Nilai rata-rata resistansi konduktor hasil produksi dari keseluruhan penggunaan *screen* didapat nilai terkecil pada penggunaan *screen* dengan ukuran T200 baik pada suhu proses *firing* 600°C maupun 700°C sedangkan nilai terbesar didapat pada hasil

penggunaan *screen* dengan ukuran T180 baik pada suhu proses *firing* 600°C maupun 700°C.

5.3 Pengukuran Koefisien Tegangan Resistansi (VCR) dan Koefisien Suhu Resistansi (TCR)

5.3.1 Tujuan

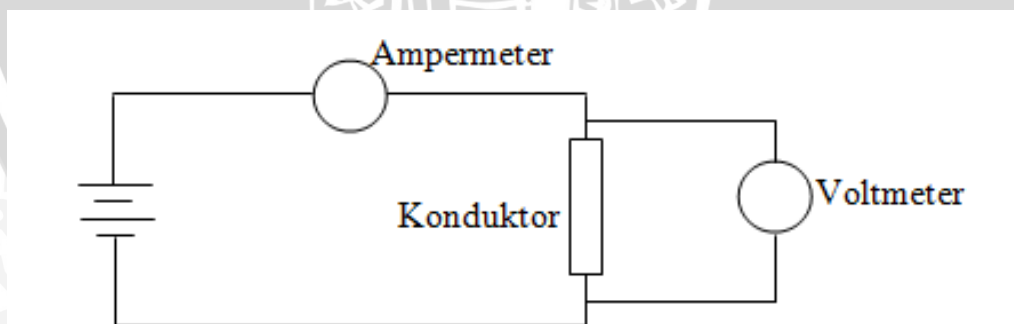
Tujuan pengukuran koefisien tegangan resistansi (VCR) dan koefisien suhu resistansi (TCR) yaitu untuk mengetahui karakteristik konduktor yang berpengaruh terhadap suhu dan tegangan dengan memberikan arus searah serta kondisi suhu tertentu. Konduktor yang diuji yaitu dari keseluruhan konduktor pada masing-masing substrat.

5.3.2 Alat yang Digunakan

- Pengkondisi Ruangan
- Digital Multimeter Sanwa Tipe CD800a
- Laboratory Power Supply Tipe GPS-3030
- Termometer

5.3.3 Metode Pengukuran

Pengukuran dilakukan dengan memberikan arus searah pada konduktor yang akan dicari nilai koefisien tegangan resistansi dan koefisien suhu resistansi seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Rangkaian Pengukuran Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi

Prosedur pengukuran adalah sebagai berikut:

- 1) Hubungkan kedua kaki voltmeter dengan kedua ujung konduktor tepat di tepi bagian tengah.

- 2) Hubungkan salah satu kaki amperemeter dengan salah satu ujung konduktor tepat di tepi dan bertemu dengan kaki voltmeter, sedang kaki amperemeter yang satu dihubungkan dengan keluaran catu daya.
- 3) Konduktor ditempatkan dalam kondisi ruangan.
- 4) Pengaturan suhu ruangan menggunakan pemanas berupa lampu yang diletakkan didalam oven yang di nonaktifkan.
- 5) Dalam penelitian ini suhu yang digunakan adalah suhu 27°C dan 65°C .
- 6) Untuk mendapatkan suhu ruangan 65°C maka saat suhu termometer didalam oven mendekati 65°C maka konduktor segera diukur.
- 7) Untuk suhu 27°C konduktor diukur di luar oven.
- 8) Pengaturan arus masukan dari catu daya.
- 9) Arus yang keluar dari catu daya dapat dilihat pada amperemeter.
- 10) Tegangan yang timbul di antara kedua kaki konduktor dapat dilihat pada voltmeter.
- 11) Nilai resistansi dapat diketahui dengan membagi tegangan yang timbul pada kedua kaki konduktor dengan arus yang lewat.

Proses pengukuran tegangan pada konduktor pada suhu ruangan 27°C dan suhu 65°C ditunjukkan dalam Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Proses Pengukuran Tegangan Konduktor Pada Suhu 27°C dan Suhu 65°C .

5.3.4 Hasil Pengukuran

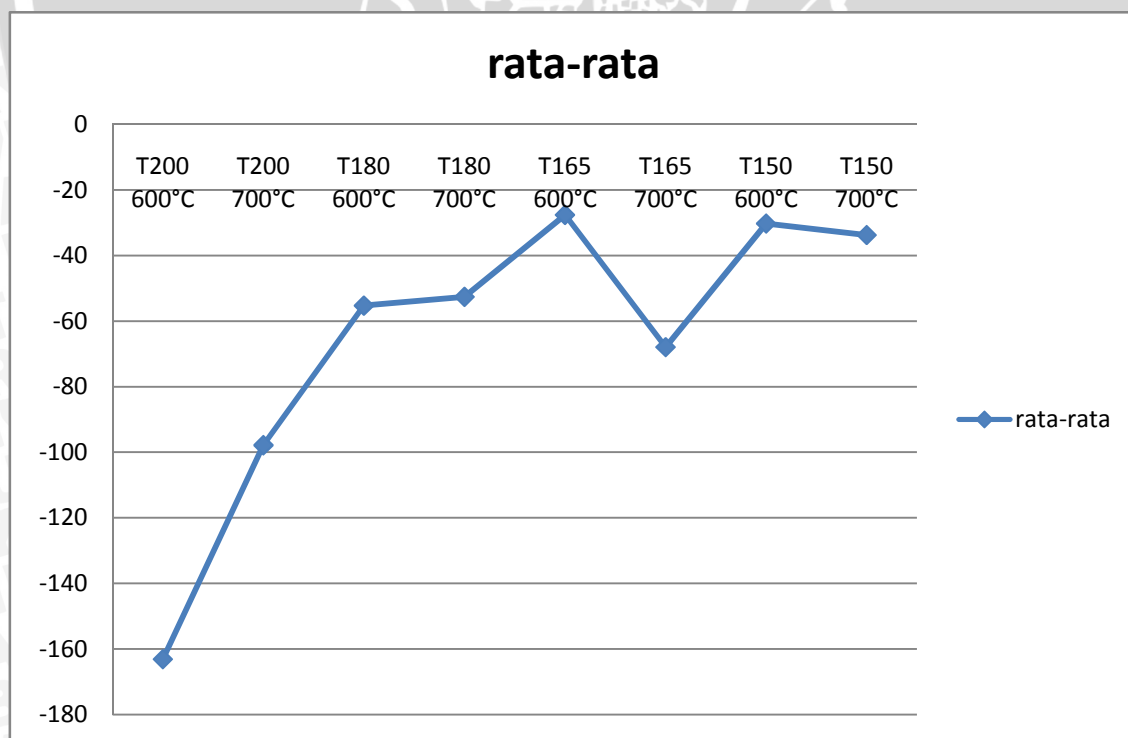
5.3.4.1 Hasil Pengukuran Koefisien Tegangan Resistansi

Nilai koefisien tegangan resistansi (VCR) pada suhu 27°C ditunjukkan dalam Tabel 5.10. Nilai rata-rata koefisien tegangan resistansi (VCR) suhu 27°C pada masing-masing substrat ditunjukkan dalam Gambar 5.10. Nilai koefisien tegangan resistansi pada suhu 65°C ditunjukkan dalam Tabel 5.11. Nilai rata-rata koefisien tegangan

resistansi (VCR) suhu 65°C pada masing-masing substrat ditunjukkan dalam Gambar 5.11.

Tabel 5.10 Nilai Koefisien Tegangan Resistansi pada Suhu 27°C

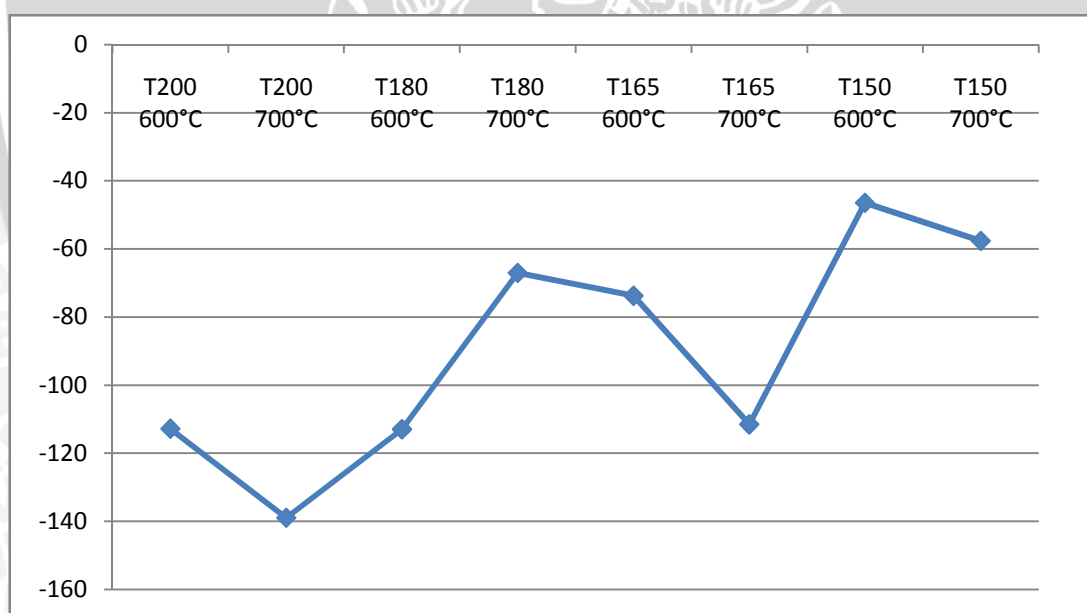
L/W	T200 600°C	T200 700°C	T180 600°C	T180 700°C	T165 600°C	T165 700°C	T150 600°C	T150 700°C
4/4	-850.38	-500.10	-217.88	-140.45	-79.76	-143.85	-146.69	-66.42
5/5	-436.03	-297.80	-140.01	-63.09	59.07	-168.75	-124.77	-115.51
6/6	-654.38	-255.24	-295.77	-271.57	-83.10	-268.85	-25.00	-149.32
7/7	-337.25	-252.08	-194.89	-295.58	-245.58	-333.33	-72.22	-124.47
10/2	-66.06	-37.44	-15.88	-14.38	-6.51	-29.68	-39.12	-23.53
15/3	-53.40	-52.56	-9.35	-12.47	-7.86	-46.10	-10.41	-16.97
20/4	-51.87	-40.10	-11.80	-9.85	8.95	-12.18	-31.74	0.40
25/5	-33.56	-50.23	19.74	-12.33	-0.42	-16.38	-8.19	8.97
12/2	-51.80	-24.50	-9.61	-11.01	-23.53	-17.83	-6.94	-10.25
16/2	-27.12	-34.02	-2.18	-6.40	-26.62	-28.22	-12.09	-1.06
20/2	-15.23	-11.62	-1.41	-4.76	-8.76	-3.11	-5.52	-23.99
24/2	-13.04	-4.94	-1.11	-0.64	-6.02	-15.99	-0.31	-19.15
40/2	-0.59	2.71	0.34	-0.05	-2.35	0.18	0.07	0.65
40/3	-4.73	-1.20	-0.38	2.12	-6.25	-0.33	-1.31	0.37
40/4	-6.39	2.20	-0.19	0.15	-8.29	-1.39	0.45	-1.11
40/5	-8.41	-8.93	-4.64	-1.73	-5.21	-1.34	-0.53	0.86
Rata2	-163.14	-97.87	-55.31	-52.63	-27.64	-67.95	-30.27	-33.78



Gambar 5.10 Nilai Rata-Rata Koefisien Tegangan Resistansi (VCR) Masing-Masing Substrat pada Suhu 27°C

Tabel 5.11 Nilai Koefisien Tegangan Resistansi pada Suhu 65°C

L/W	T200 600°C	T200 700°C	T180 600°C	T180 700°C	T165 600°C	T165 700°C	T150 600°C	T150 700°C
4/4	850.02	-414.32	-405.94	-207.82	-105.31	-418.49	-182.04	-81.76
5/5	-785.25	-386.34	-250.05	-164.81	-22.20	-274.75	-146.42	-284.52
6/6	-1135.53	-402.03	-708.77	-289.08	-193.75	-349.31	-94.39	-212.90
7/7	-300.28	-530.62	-367.59	-316.95	-604.17	-469.74	-155.33	-163.27
10/2	-101.86	-54.44	-26.31	-24.89	-17.13	-60.14	-30.06	-64.94
15/3	-63.19	-103.06	-14.31	-19.22	-14.38	-59.49	-15.68	-25.71
20/4	-55.94	-122.76	-16.19	-15.20	2.87	-23.41	-31.94	-8.63
25/5	-45.62	-71.86	17.17	-19.36	-20.10	-28.18	-20.07	3.96
12/2	-62.94	-50.35	-10.62	29.70	-75.37	-20.89	-27.63	-28.42
16/2	-29.83	-44.82	-4.73	-21.22	-51.22	-37.44	-15.42	-5.14
20/2	-25.36	-15.16	-3.18	-8.72	-16.38	-12.54	-12.40	-25.13
24/2	-15.11	-8.00	-2.72	-7.56	-10.05	-20.97	-2.21	-18.16
40/2	-1.99	-1.12	-0.33	-2.11	-2.82	-1.11	-0.52	-1.28
40/3	-10.14	-3.41	-1.15	0.07	-9.83	-1.38	-1.93	-0.15
40/4	-9.46	-1.19	-1.60	-2.84	-13.12	-3.28	-0.94	-4.08
40/5	-12.24	-13.70	-11.27	-2.97	-27.16	-3.57	-6.50	-2.10
Rata-rata	-112.80	-138.95	-112.97	-67.06	-73.76	-111.54	-46.47	-57.64



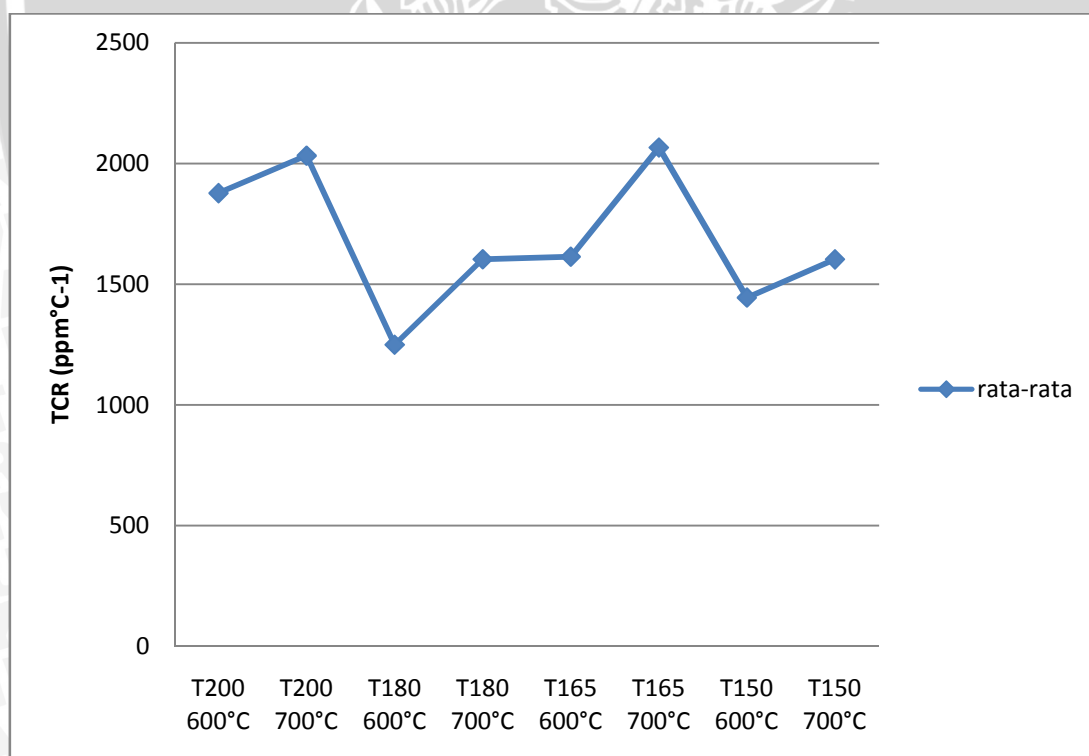
Gambar 5.11 Nilai Rata-Rata Koefisien Tegangan Resistansi (VCR) pada Masing-Masing Substrat pada Suhu 65°C

5.3.4.2 Hasil Pengukuran Koefisien Suhu Resistansi (TCR)

Nilai koefisien suhu resistansi (TCR) ditunjukkan dalam Tabel 5.12 dan nilai rata-rata koefisien suhu resistansi (TCR) ditunjukkan dalam Gambar 5.10

Tabel 5.12 Nilai Koefisien Suhu Resistansi

L/W	T200 600°C	T200 700°C	T180 600°C	T180 700°C	T165 600°C	T165 700°C	T150 600°C	T150 700°C
4/4	5175.94	4299.65	2757.03	4577.85	2708.14	8677.94	2939.85	3292.99
5/5	4896.83	3206.17	2727.25	4089.43	2986.91	3453.95	3077.39	4532.16
6/6	3234.65	3613.44	3107.75	3071.40	2731.13	3790.73	2741.23	3440.20
7/7	3475.74	4879.39	3537.82	3475.74	3497.53	5116.96	3435.67	2479.43
10/2	2131.87	1779.87	1025.42	1166.67	1160.06	2245.20	793.08	2289.99
15/3	1380.44	2540.91	709.04	940.56	1327.60	1445.26	1059.38	1386.83
20/4	1611.35	2756.89	717.39	876.57	974.65	1058.76	999.23	1221.62
25/5	1111.19	1575.31	671.24	837.91	1462.37	1201.68	1349.05	1076.50
12/2	1075.04	2148.22	1067.82	1511.14	2477.96	1150.32	2078.40	1562.87
16/2	1015.37	1062.67	650.20	1309.91	1601.14	1231.47	836.60	836.54
20/2	1103.71	958.62	488.42	618.67	869.50	961.29	1032.93	676.20
24/2	819.20	820.55	438.79	804.63	809.44	934.59	561.22	751.70
40/2	408.61	644.31	252.50	510.81	402.77	403.05	364.41	456.51
40/3	848.89	549.13	320.09	458.29	497.08	388.99	397.22	368.98
40/4	706.71	674.79	367.58	548.24	853.11	424.99	577.04	603.71
40/5	1036.84	1002.73	1152.07	853.70	1459.30	564.42	867.41	667.09
Rata2	1877.02	2032.04	1249.40	1603.22	1613.67	2065.60	1444.38	1602.71



Gambar 5.12 Nilai Rata-Rata Koefisien Suhu Resistansi (TCR) pada Masing-Masing Substrat

5.3.5 Analisis

Untuk perhitungan nilai koefisien tegangan resistansi hasil proses maka dapat diukur nilai tegangan pada konduktor dari setiap pemberian arus yang berbeda. Perhitungan koefisien tegangan resistansi pada suhu 27°C menggunakan persamaan 2.1 dengan pemberian arus 5 mA dan 10 mA:

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

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

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

Begitu pula perhitungan yang dilakukan untuk mencari nilai koefisien tegangan resistansi pada suhu 65°C.

Untuk perhitungan nilai koefisien suhu resistansi hasil proses dapat diukur nilai tegangan konduktor pada setiap kondisi suhu yang berbeda. Perhitungan koefisien suhu resistansi pada kondisi suhu 27°C dan 65°C menggunakan persamaan 2.2 dengan pemberian arus 5 mA:

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

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

$$= 1461,9883 \text{ ppm/}^\circ\text{C}$$

Perhitungan tersebut dilakukan untuk mencari koefisien suhu resistansi pada konduktor di setiap substrat yang lain. 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 5.13. Hasil perhitungan koefisien tegangan resistansi dan koefisien suhu resistansi yang lain ditunjukkan dalam Lampiran 2.

Tabel 5.13 Perhitungan VCR dan TCR 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 ⁻¹)
	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		-8.9288	Rata-rata		-13.6996	1002.7261

Hasil perhitungan nilai VCR dari setiap nilai resistansi 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.

Dari hasil nilai rata-rata VCR pada parameter perbedaan ukuran *screen* dan perbedaan suhu *firing* mempunyai nilai VCR yang bernilai negatif, sehingga konduktor dengan bahan pasta Palladium-Perak mempunyai sifat yaitu setiap bertambahnya tegangan menyebabkan menurunnya nilai resistansi konduktor. Untuk nilai VCR yang terbaik adalah VCR dengan nilai yang mendekati nol karena kestabilan dari nilai resistansi akibat perubahan tegangan yang diberikan pada konduktor. Nilai rata-rata VCR suhu uji 27°C didapatkan nilai yang mendekati nol dihasilkan konduktor menggunakan cetakan *screen* T165 dengan suhu *firing* 600°C sebesar -27,64/V. Nilai rata-rata VCR suhu uji 65°C didapatkan nilai yang mendekati nol pada cetakan *screen* T150 dengan suhu *firing* 600°C sebesar -46,47/V.

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. Dengan parameter ukuran *screen* dan suhu *firing* didapat nilai TCR bernilai positif sehingga konduktor dengan bahan pasta Palladium-Perak mempunyai sifat yaitu dengan adanya kenaikan suhu maka terjadi kenaikan pada resistansi konduktor. Untuk nilai TCR yang terbaik adalah TCR dengan nilai yang mendekati nol karena kestabilan dari nilai resistansi akibat perubahan suhu yang diberikan pada konduktor. Nilai TCR rata-rata yang mendekati nol didapatkan pada konduktor menggunakan cetakan *screen* T180 dengan suhu *firing* 600°C sebesar 1249,40 ppm/°C.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 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 dimesi 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.
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 R_s (*sheet resistive*) 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 koefisien tegangan resistansi (VCR) yang terbentuk pada substrat rata-rata bernilai negatif. Sehingga konduktor dengan bahan pasta Palladium-Perak mempunyai sifat yaitu setiap bertambahnya tegangan menyebabkan menurunnya nilai resistansi.
6. Nilai koefisien suhu resistansi (TCR) yang terbentuk pada substrat rata-rata bernilai positif. Sehingga konduktor dengan bahan pasta Palladium-Perak mempunyai sifat yaitu dengan adanya kenaikan suhu menyebabkan kenaikan nilai resistansi.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian pada tugas akhir ini telah dihasilkan konduktor dengan koefisien suhu resistansi (TCR) positif yaitu setiap kenaikan suhu resistansi konduktor maka nilai resistansi konduktor akan naik. Sehingga konduktor palladium-perak bisa diaplikasikan untuk pembuatan sensor suhu pada penelitian selanjutnya. Agar didapatkan hasil konduktor mendekati nilai R_s yang dikeluarkan produsen maka diperlukan penelitian lebih lanjut menyangkut rancangan konduktor dan parameter-parameter dalam setiap tahap proses *screen printing* baik dalam proses pembuatan cetakan maupun proses *firing*.

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.



DAFTAR PUSTAKA

- Desiana, Eka. 2010. *Perencanaan dan Pembuatan Sensor Nitrat dengan Teknologi Film Tebal (Thick Film)*. Skripsi Universitas Brawijaya.
- Dupont. 1997. *Conductor, Dielectric, Resistor Material Comparison and Data Book*. Dupont. USA
- 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.
- Effendrik, Popong. 1997. *Karakterisasi Konduktor Pasta Palladium-Perak Pada Substrat Alumina Dengan Teknologi Hibrida Film Tebal*. Skripsi Universitas Brawijaya.
- Harper, Charles A. 1974. *Hanbook of thick Film Hybrid Microelektronics*. Mc graw-Hill Book Company. USA.
- Haskard, Malcolm R. 1987. *Thick Film Hybrid Manufacture and Design*. Prentice hall, Inc. New Jersey.
- Harper, Charles A and Ronald M. Sampson. 1984. *Elektronik Material hanbook*. Mc graw-Hill Book Company. Singapore.
- Julius St, M. 1993. *Sablon Screen Printing*. UPT Penerbitan FT-UB. Malang.
- Julius St, M. 1997. *Laporan Akhir Pembuatan Laboratorium Teknologi Film Tebal Sarana Miniatur Rangkaian Elektronika*. Jurusan Teknik Elektro-Fakultas Teknik-Universitas Brawijaya. Malang.
- Julius St. M., Atma. Sholeh.HP., *Pembuatan Resistor Film Tebal*. ELEKTRO-INDONESIA-PII No.18 Th.IV, Desember 1997
- Julius St. M. *Hibrida Film Tebal Untuk Pengecilan Rangkaian Elektronika*. ELEKTRO-INDONESIA-PII No.12 Th.III, September 1996.

LAMPIRAN I

PERHITUNGAN PENYIMPANGAN KONDUKTOR



Tabel 7.1 Hasil Perhitungan Penyimpangan Dimensi pada Substrat 1 Terhadap Rancangan

No	Rancangan		Hasil		Penyimpangan	
	L (mm)	W (mm)	L (mm)	W (mm)	L (%)	W (%)
1	4	4	4.231	4.156	5.775	3.900
2	5	5	5.244	5.109	4.880	2.180
3	6	6	6.187	6.136	3.117	2.267
4	7	7	7.104	7.205	1.486	2.929
5	10	2	10.297	2.193	2.970	9.650
6	15	3	15.283	3.229	1.887	7.633
7	20	4	20.295	4.213	1.475	5.325
8	25	5	25.259	5.285	1.036	5.700
9	12	2	12.218	2.131	1.817	6.550
10	16	2	16.202	2.106	1.263	5.300
11	20	2	20.222	2.198	1.110	9.900
12	24	2	24.295	2.241	1.229	12.050
13	40	2	40.251	2.024	0.627	1.200
14	40	3	40.244	3.078	0.610	2.600
15	40	4	40.251	4.065	0.627	1.625
16	40	5	40.276	5.105	0.690	2.100
rata-rata					1.912	5.057

Tabel 7.2 Hasil Perhitungan Penyimpangan Dimensi pada Substrat 2 Terhadap Rancangan

No	Rancangan		Hasil		Penyimpangan	
	L (mm)	W (mm)	L (mm)	W (mm)	L (%)	W (%)
1	4	4	4.131	4.142	3.275	3.550
2	5	5	5.253	5.147	5.060	2.940
3	6	6	6.121	6.217	2.017	3.617
4	7	7	7.213	7.19	3.043	2.714
5	10	2	10.151	2.192	1.510	9.600
6	15	3	15.163	3.117	1.087	3.900
7	20	4	20.236	4.186	1.180	4.650
8	25	5	25.156	5.217	0.624	4.340
9	12	2	12.269	2.176	2.242	8.800
10	16	2	16.18	2.196	1.125	9.800
11	20	2	20.216	2.202	1.080	10.100
12	24	2	24.186	2.168	0.775	8.400
13	40	2	40.23	2.261	0.575	13.050
14	40	3	40.256	3.195	0.640	6.500
15	40	4	40.215	4.205	0.538	5.125
16	40	5	40.19	5.187	0.475	3.740
rata-rata					1.578	6.302

Tabel 7.3 Hasil Perhitungan Penyimpangan Dimensi pada Substrat 3 Terhadap Rancangan

No	Rancangan		Hasil		Penyimpangan	
	L (mm)	W (mm)	L (mm)	W (mm)	L (%)	W (%)
1	4	4	4.225	4.257	5.625	6.425
2	5	5	5.204	5.192	4.080	3.840
3	6	6	6.209	6.227	3.483	3.783
4	7	7	7.146	7.158	2.086	2.257
5	10	2	10.184	2.264	1.840	13.200
6	15	3	15.15	3.182	1.000	6.067
7	20	4	20.221	4.242	1.105	6.050
8	25	5	25.187	5.203	0.748	4.060
9	12	2	12.211	2.239	1.758	11.950
10	16	2	16.187	2.134	1.169	6.700
11	20	2	20.179	2.198	0.895	9.900
12	24	2	24.211	2.239	0.879	11.950
13	40	2	40.123	2.18	0.307	9.000
14	40	3	40.105	3.174	0.262	5.800
15	40	4	40.11	4.184	0.275	4.600
16	40	5	40.115	5.189	0.288	3.780
rata-rata					1.613	6.835

Tabel 7.4 Hasil Perhitungan Penyimpangan Dimensi pada Substrat 4 Terhadap Rancangan

No	Rancangan		Hasil		Penyimpangan	
	L (mm)	W (mm)	L (mm)	W (mm)	L (%)	W (%)
1	4	4	4.241	4.253	6.025	6.325
2	5	5	5.139	5.21	2.780	4.200
3	6	6	6.181	6.213	3.017	3.550
4	7	7	7.19	7.219	2.714	3.129
5	10	2	10.183	2.251	1.830	12.550
6	15	3	15.235	3.196	1.567	6.533
7	20	4	20.213	4.163	1.065	4.075
8	25	5	25.231	5.11	0.924	2.200
9	12	2	12.212	2.187	1.767	9.350
10	16	2	16.223	2.162	1.394	8.100
11	20	2	20.163	2.241	0.815	12.050
12	24	2	24.21	2.115	0.875	5.750
13	40	2	40.223	2.156	0.557	7.800
14	40	3	40.217	3.206	0.542	6.867
15	40	4	40.215	4.203	0.538	5.075
16	40	5	40.253	5.262	0.633	5.240
rata-rata					1.690	6.425

Tabel 7.5 Hasil Perhitungan Penyimpangan Dimensi pada Substrat 5 Terhadap Rancangan

No	Rancangan		Hasil		Penyimpangan	
	L (mm)	W (mm)	L (mm)	W (mm)	L (%)	W (%)
1	4	4	4.298	4.228	7.450	5.700
2	5	5	5.228	5.202	4.560	4.040
3	6	6	6.235	6.284	3.917	4.733
4	7	7	7.227	7.225	3.243	3.214
5	10	2	10.212	2.194	2.120	9.700
6	15	3	15.227	3.228	1.513	7.600
7	20	4	20.204	4.212	1.020	5.300
8	25	5	25.211	5.238	0.844	4.760
9	12	2	12.211	2.239	1.758	11.950
10	16	2	16.218	2.252	1.363	12.600
11	20	2	20.221	2.262	1.105	13.100
12	24	2	24.237	2.288	0.987	14.400
13	40	2	40.101	2.115	0.252	5.750
14	40	3	40.185	3.118	0.463	3.933
15	40	4	40.113	4.159	0.282	3.975
16	40	5	40.125	5.17	0.313	3.400
rata-rata					1.949	7.135

Tabel 7.6 Hasil Perhitungan Penyimpangan Dimensi pada Substrat 6 Terhadap Rancangan

No	Rancangan		Hasil		Penyimpangan	
	L (mm)	W (mm)	L (mm)	W (mm)	L (%)	W (%)
1	4	4	4.231	4.211	5.775	5.275
2	5	5	5.21	5.143	4.200	2.860
3	6	6	6.181	6.241	3.017	4.017
4	7	7	7.198	7.211	2.829	3.014
5	10	2	10.19	2.194	1.900	9.700
6	15	3	15.189	3.241	1.260	8.033
7	20	4	20.117	4.231	0.585	5.775
8	25	5	25.221	5.21	0.884	4.200
9	12	2	12.15	2.196	1.250	9.800
10	16	2	16.211	2.224	1.319	11.200
11	20	2	20.233	2.182	1.165	9.100
12	24	2	24.201	2.156	0.838	7.800
13	40	2	40.132	2.139	0.330	6.950
14	40	3	40.116	3.163	0.290	5.433
15	40	4	40.241	4.162	0.602	4.050
16	40	5	40.176	5.217	0.440	4.340
rata-rata					1.668	6.347

Tabel 7.7 Hasil Perhitungan Penyimpangan Dimensi pada Substrat 7 Terhadap Rancangan

No	Rancangan		Hasil		Penyimpangan	
	L (mm)	W (mm)	L (mm)	W (mm)	L (%)	W (%)
1	4	4	4.18	4.166	4.500	4.150
2	5	5	5.139	5.138	2.780	2.760
3	6	6	6.173	6.126	2.883	2.100
4	7	7	7.148	7.105	2.114	1.500
5	10	2	10.118	2.125	1.180	6.250
6	15	3	15.172	3.113	1.147	3.767
7	20	4	20.127	4.116	0.635	2.900
8	25	5	25.178	5.18	0.712	3.600
9	12	2	12.166	2.18	1.383	9.000
10	16	2	16.155	2.179	0.969	8.950
11	20	2	20.183	2.154	0.915	7.700
12	24	2	24.155	2.131	0.646	6.550
13	40	2	40.143	2.131	0.358	6.550
14	40	3	40.165	3.112	0.412	3.733
15	40	4	40.172	4.113	0.430	2.825
16	40	5	40.171	5.17	0.427	3.400
rata-rata					1.343	4.733

Tabel 7.8 Hasil Perhitungan Penyimpangan Dimensi pada Substrat 8 Terhadap Rancangan

No	Rancangan		Hasil		Penyimpangan	
	L (mm)	W (mm)	L (mm)	W (mm)	L (%)	W (%)
1	4	4	4.217	4.156	5.425	3.900
2	5	5	5.23	5.145	4.600	2.900
3	6	6	6.119	6.143	1.983	2.383
4	7	7	7.214	7.215	3.057	3.071
5	10	2	10.213	2.126	2.130	6.300
6	15	3	15.214	3.199	1.427	6.633
7	20	4	20.123	4.117	0.615	2.925
8	25	5	25.175	5.182	0.700	3.640
9	12	2	12.268	2.154	2.233	7.700
10	16	2	16.173	2.201	1.081	10.050
11	20	2	20.193	2.165	0.965	8.250
12	24	2	24.16	2.132	0.667	6.600
13	40	2	40.156	2.216	0.390	10.800
14	40	3	40.169	3.273	0.422	9.100
15	40	4	40.186	4.261	0.465	6.525
16	40	5	40.193	5.199	0.482	3.980
rata-rata					1.665	5.922

LAMPIRAN II PERHITUNGAN VCR DAN TCR



Tabel 8.1 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 4/4, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0006	0.1200	-416.6667	0.0008	0.1600	-375.0000	8771.9298
0.0100	0.0010	0.1000	-2666.6667	0.0013	0.1300	3846.1538	7894.7368
0.0150	0.0011	0.0733	181.8182	0.0012	0.0800	125.0000	2392.3445
0.0200	0.0016	0.0800	-500.0000	0.0017	0.0850	-196.0784	1644.7368
0.0250	0.0018	0.0720		0.0020	0.0800		2923.9766
Rata-rata			-850.3788	Rata-rata		850.0189	5175.9370

Tabel 8.2 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 5/5, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)	
	27°C			65°C				
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)		
0.0050	0.0006	0.1200	-833.3333	0.0007	0.1400	-285.7143	4385.9649	
0.0100	0.0009	0.0900	-925.9259	0.0012	0.1200	-2777.7778	8771.9298	
0.0150	0.0011	0.0733	181.8182	0.0013	0.0867	-48.0769	4784.6890	
0.0200	0.0016	0.0800	-166.6667	0.0017	0.0850	-29.4118	1644.7368	
0.0250	0.0019	0.0760		0.0021	0.0840		2770.0831	
Rata-rata			-436.0269	Rata-rata			-785.2452	4896.8301

Tabel 8.3 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 6/6, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)	
	27°C			65°C				
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)		
0.0050	0.0006	0.1200	-416.6667	0.0007	0.1400	-285.7143	4385.9649	
0.0100	0.0010	0.1000	-444.4444	0.0012	0.1200	-2777.7778	5263.1579	
0.0150	0.0013	0.0867	-256.4103	0.0013	0.0867	76.9231	0.0000	
0.0200	0.0016	0.0800	-1500.0000	0.0018	0.0900	-1555.5556	3289.4737	
0.0250	0.0017	0.0680		0.0019	0.0760		3095.9752	
Rata-rata			-654.3803	Rata-rata			-1135.5311	3234.6491

Tabel 8.4 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 7/7, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)	
	27°C			65°C				
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)		
0.0050	0.0006	0.1200	-833.3333	0.0007	0.1400	-535.7143	4385.9649	
0.0100	0.0009	0.0900	-92.5926	0.0011	0.1100	-505.0505	5847.9532	
0.0150	0.0013	0.0867	-256.4103	0.0014	0.0933	-297.6190	2024.2915	
0.0200	0.0016	0.0800	-166.6667	0.0017	0.0850	137.2549	1644.7368	
0.0250	0.0019	0.0760		0.0023	0.0920		5540.1662	
Rata-rata			-337.2507	Rata-rata			-300.2822	3475.7366

Tabel 8.5 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 10/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0011	0.2200	-45.4545	0.0013	0.2600	-170.9402	4784.6890
0.0100	0.0021	0.2100	-99.2063	0.0022	0.2200	-67.3401	1253.1328
0.0150	0.0029	0.1933	8.6207	0.0031	0.2067	-35.8423	1814.8820
0.0200	0.0039	0.1950	-128.2051	0.0040	0.2000	-133.3333	674.7638
0.0250	0.0045	0.1800		0.0046	0.1840		584.7953
	Rata-rata		-66.0613	Rata-rata		-101.8640	2131.8669

Tabel 8.6 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 15/3, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0012	0.2400	-83.3333	0.0013	0.2600	-115.3846	2192.9825
0.0100	0.0022	0.2200	-67.3401	0.0023	0.2300	-80.5153	1196.1722
0.0150	0.0031	0.2067	-8.0645	0.0032	0.2133	7.1023	848.8964
0.0200	0.0041	0.2050	-54.8780	0.0043	0.2150	-63.9535	1283.6970
0.0250	0.0049	0.1960		0.0051	0.2040		1074.1139
	Rata-rata		-53.4040	Rata-rata		-63.1878	1380.4370

Tabel 8.7 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 20/4, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0013	0.2600	-115.3846	0.0014	0.2800	-97.4026	2024.2915
0.0100	0.0023	0.2300	-13.1752	0.0025	0.2500	-36.3636	2288.3295
0.0150	0.0034	0.2267	-6.6845	0.0036	0.2400	-41.6667	1547.9876
0.0200	0.0045	0.2250	-72.2222	0.0046	0.2300	-48.3092	584.7953
0.0250	0.0053	0.2120		0.0055	0.2200		993.0487
	Rata-rata		-51.8666	Rata-rata		-55.9355	1611.3510

Tabel 8.8 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 25/5, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0013	0.2600	-69.9301	0.0014	0.2800	-97.4026	2024.2915
0.0100	0.0024	0.2400	-25.2525	0.0025	0.2500	-36.3636	1096.4912
0.0150	0.0035	0.2333	-12.9870	0.0036	0.2400	-18.9394	751.8797
0.0200	0.0046	0.2300	-26.0870	0.0047	0.2350	-29.7872	572.0824
0.0250	0.0056	0.2240		0.0057	0.2280		469.9248
	Rata-rata		-33.5641	Rata-rata		-45.6232	1111.1862

Tabel 8.9 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 12/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm° C ⁻¹)
	27° C			65° C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0014	0.2800	-142.8571	0.0015	0.3000	-166.6667	1879.6992
0.0100	0.0024	0.2400	-25.2525	0.0025	0.2500	-36.3636	1096.4912
0.0150	0.0035	0.2333	-12.9870	0.0036	0.2400	-18.9394	751.8797
0.0200	0.0046	0.2300	-26.0870	0.0047	0.2350	-29.7872	572.0824
0.0250	0.0056	0.2240		0.0057	0.2280		469.9248
	Rata-rata		-51.7959	Rata-rata		-62.9392	1075.0381

Tabel 8.10 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 16/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm° C ⁻¹)
	27° C			65° C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0018	0.3600	-79.3651	0.0019	0.3800	-70.1754	1461.9883
0.0100	0.0032	0.3200	12.2549	0.0034	0.3400	-12.2549	1644.7368
0.0150	0.0049	0.3267	-25.5102	0.0050	0.3333	-28.5714	537.0569
0.0200	0.0063	0.3150	-15.8730	0.0064	0.3200	-8.3333	417.7109
0.0250	0.0077	0.3080		0.0079	0.3160		683.5270
	Rata-rata		-27.1233	Rata-rata		-29.8338	1015.3733

Tabel 8.11 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 20/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0021	0.4200	-39.6825	0.0023	0.4600	-76.7263	2506.2657
0.0100	0.0039	0.3900	4.2735	0.0040	0.4000	7.9365	674.7638
0.0150	0.0059	0.3933	-11.7702	0.0061	0.4067	-24.1080	892.0607
0.0200	0.0077	0.3850	-13.7510	0.0078	0.3900	-8.5470	341.7635
0.0250	0.0094	0.3760		0.0096	0.3840		559.9104
	Rata-rata		-15.2326	Rata-rata		-25.3612	1103.7134

Tabel 8.12 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 24/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0024	0.4800	-41.6667	0.0025	0.5000	-38.0952	1096.4912
0.0100	0.0044	0.4400	6.5876	0.0046	0.4600	-6.5876	1196.1722
0.0150	0.0067	0.4467	-1.6961	0.0068	0.4533	1.5985	392.7730
0.0200	0.0089	0.4450	-15.3755	0.0091	0.4550	-17.3511	591.3661
0.0250	0.0108	0.4320		0.0110	0.4400		487.3294
	Rata-rata		-13.0377	Rata-rata		-15.1089	819.2006

Tabel 8.13 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 40/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0038	0.7600	-11.2782	0.0039	0.7800	-14.6520	692.5208
0.0100	0.0073	0.7300	7.9909	0.0074	0.7400	6.7568	360.4903
0.0150	0.0113	0.7533	0.5822	0.0114	0.7600	1.6869	232.8831
0.0200	0.0151	0.7550	0.3486	0.0153	0.7650	-1.7665	348.5535
0.0250	0.0189	0.7560		0.0190	0.7600		139.2370
	Rata-rata		-0.5891	Rata-rata		-1.9937	408.6119

Tabel 8.14 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 40/3, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0029	0.5800	-27.5862	0.0031	0.6200	-47.0430	1814.8820
0.0100	0.0054	0.5400	15.9299	0.0055	0.5500	17.0455	487.3294
0.0150	0.0085	0.5667	-7.9186	0.0087	0.5800	-9.9469	619.1950
0.0200	0.0111	0.5550	0.6435	0.0113	0.5650	-0.6321	474.1584
0.0250	0.0139	0.5560		0.0141	0.5640		378.6445
	Rata-rata		-4.7328	Rata-rata		-10.1442	848.8912

Tabel 8.15 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 40/4, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0023	0.4600	-20.7039	0.0024	0.4800	-29.7619	1144.1648
0.0100	0.0044	0.4400	6.5876	0.0045	0.4500	9.2593	598.0861
0.0150	0.0067	0.4467	-7.1073	0.0069	0.4600	-16.3043	785.5460
0.0200	0.0088	0.4400	-4.3290	0.0089	0.4450	-1.0215	299.0431
0.0250	0.0109	0.4360		0.0111	0.4440		482.8585
	Rata-rata		-6.3882	Rata-rata		-9.4571	706.7100

Tabel 8.16 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 40/5, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0019	0.3800	-30.9598	0.0020	0.4000	-27.7778	1385.0416
0.0100	0.0036	0.3600	18.5185	0.0038	0.3800	8.7719	1461.9883
0.0150	0.0056	0.3733	-13.1303	0.0058	0.3867	-26.9397	939.8496
0.0200	0.0073	0.3650	-8.0580	0.0074	0.3700	-3.0030	360.4903
0.0250	0.0090	0.3600		0.0092	0.3680		584.7953
	Rata-rata		-8.4074	Rata-rata		-12.2371	1036.8424

Tabel 8.17 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada Screen T200, Suhu Firing 700°C, L/W = 4/4, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)	
	27°C			65°C				
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)		
0.0050	0.0005	0.1000	-1500.0000	0.0006	0.1200	-833.3333	5263.1579	
0.0100	0.0007	0.0700	119.0476	0.0009	0.0900	-370.3704	7518.7970	
0.0150	0.0011	0.0733	-568.1818	0.0012	0.0800	-625.0000	2392.3445	
0.0200	0.0013	0.0650	-51.2821	0.0014	0.0700	171.4286	2024.2915	
0.0250	0.0016	0.0640		0.0019	0.0760		4934.2105	
Rata-rata			-500.1041	Rata-rata			-414.3188	4299.6477

Tabel 8.18 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada Screen T200, Suhu Firing 700°C, L/W = 5/5, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0005	0.1000	-666.6667	0.0006	0.1200	-833.3333	5263.1579
0.0100	0.0008	0.0800	-277.7778	0.0009	0.0900	-370.3704	3289.4737
0.0150	0.0011	0.0733	-151.5152	0.0012	0.0800	-208.3333	2392.3445
0.0200	0.0014	0.0700	-95.2381	0.0015	0.0750	-133.3333	1879.6992
0.0250	0.0017	0.0680		0.0018	0.0720		1547.9876
	Rata-rata		-297.7994	Rata-rata		-386.3426	3206.1688

Tabel 8.19 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada Screen T200, Suhu Firing 700°C, L/W = 6/6, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0005	0.1000	-666.6667	0.0006	0.1200	-833.3333	5263.1579
0.0100	0.0008	0.0800	-277.7778	0.0009	0.0900	-370.3704	3289.4737
0.0150	0.0011	0.0733	56.8182	0.0012	0.0800	125.0000	2392.3445
0.0200	0.0015	0.0750	-133.3333	0.0017	0.0850	-529.4118	3508.7719
0.0250	0.0018	0.0720		0.0019	0.0760		1461.9883
	Rata-rata		-255.2399	Rata-rata		-402.0289	3613.4370

Tabel 8.20 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada Screen T200, Suhu Firing 700°C, L/W = 7/7, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0005	0.1000	-666.6667	0.0007	0.1400	-1785.7143	10526.3158
0.0100	0.0008	0.0800	0.0000	0.0009	0.0900	-92.5926	3289.4737
0.0150	0.0012	0.0800	-208.3333	0.0013	0.0867	-48.0769	2192.9825
0.0200	0.0015	0.0750	-133.3333	0.0017	0.0850	-196.0784	3508.7719
0.0250	0.0018	0.0720		0.0020	0.0800		2923.9766
Rata-rata			-252.0833	Rata-rata			4879.3860

Tabel 8.21 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 10/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0009	0.1800	-69.4444	0.0010	0.2000	-125.0000	2923.9766
0.0100	0.0017	0.1700	-24.5098	0.0018	0.1800	-46.2963	1547.9876
0.0150	0.0025	0.1667	-12.5000	0.0026	0.1733	10.6838	1052.6316
0.0200	0.0033	0.1650	-43.2900	0.0035	0.1750	-57.1429	1594.8963
0.0250	0.0040	0.1600		0.0042	0.1680		1315.7895
	Rata-rata		-37.4361	Rata-rata		-54.4388	1779.8730

Tabel 8.22 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 15/3, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0010	0.2000	-214.2857	0.0012	0.2400	-297.6190	5263.1579
0.0100	0.0017	0.1700	-24.5098	0.0019	0.1900	-125.3133	3095.9752
0.0150	0.0025	0.1667	50.0000	0.0026	0.1733	38.4615	1052.6316
0.0200	0.0035	0.1750	-21.4286	0.0036	0.1800	-27.7778	751.8797
0.0250	0.0043	0.1720		0.0044	0.1760		611.9951
	Rata-rata		-52.5560	Rata-rata		-103.0621	2540.9111

Tabel 8.23 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 20/4, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0010	0.2000	-125.0000	0.0013	0.2600	-448.7179	7894.7368
0.0100	0.0018	0.1800	37.0370	0.0019	0.1900	17.5439	1461.9883
0.0150	0.0028	0.1867	-44.6429	0.0029	0.1933	-53.8793	939.8496
0.0200	0.0036	0.1800	-27.7778	0.0037	0.1850	-6.0060	730.9942
0.0250	0.0044	0.1760		0.0046	0.1840		1196.1722
	Rata-rata		-40.0959	Rata-rata		-122.7649	2756.8922

Tabel 8.24 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 25/5, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0011	0.2200	-259.7403	0.0012	0.2400	-297.6190	2392.3445
0.0100	0.0018	0.1800	92.5926	0.0019	0.1900	94.4669	1461.9883
0.0150	0.0030	0.2000	-62.5000	0.0032	0.2133	-122.7679	1754.3860
0.0200	0.0038	0.1900	28.7081	0.0039	0.1950	38.4615	692.5208
0.0250	0.0049	0.1960		0.0051	0.2040		1074.1139
	Rata-rata		-50.2349	Rata-rata		-71.8646	1575.3099

Tabel 8.25 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 12/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0011	0.2200	0.0000	0.0013	0.2600	-69.9301	4784.6890
0.0100	0.0022	0.2200	25.2525	0.0024	0.2400	-25.2525	2392.3445
0.0150	0.0034	0.2267	-136.5546	0.0035	0.2333	-142.8571	773.9938
0.0200	0.0041	0.2050	13.3038	0.0042	0.2100	36.6300	641.8485
0.0250	0.0052	0.2080		0.0055	0.2200		1518.2186
	Rata-rata		-24.4996	Rata-rata		-50.3524	2148.2190

Tabel 8.26 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 16/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0016	0.3200	-104.1667	0.0017	0.3400	-122.5490	1644.7368
0.0100	0.0028	0.2800	29.7619	0.0029	0.2900	33.8066	939.8496
0.0150	0.0044	0.2933	-37.8788	0.0046	0.3067	-64.2292	1196.1722
0.0200	0.0056	0.2800	-23.8095	0.0057	0.2850	-26.3158	469.9248
0.0250	0.0068	0.2720		0.0069	0.2760		386.9969
	Rata-rata		-34.0233	Rata-rata		-44.8219	1062.6709

Tabel 8.27 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 20/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0018	0.3600	-16.3399	0.0019	0.3800	-14.6199	1461.9883
0.0100	0.0035	0.3500	15.0376	0.0037	0.3700	-5.0050	1503.7594
0.0150	0.0054	0.3600	-27.7778	0.0055	0.3667	-30.3030	487.3294
0.0200	0.0069	0.3450	-17.3913	0.0070	0.3500	-10.7143	381.3883
0.0250	0.0084	0.3360		0.0086	0.3440		626.5664
	Rata-rata		-11.6178	Rata-rata		-15.1606	958.6163

Tabel 8.28 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 24/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0021	0.4200	-11.9048	0.0022	0.4400	-10.8225	1253.1328
0.0100	0.0041	0.4100	3.8715	0.0043	0.4300	-11.6279	1283.6970
0.0150	0.0062	0.4133	-4.0323	0.0063	0.4200	-5.9524	424.4482
0.0200	0.0082	0.4100	-7.7022	0.0083	0.4150	-3.6145	320.9243
0.0250	0.0101	0.4040		0.0103	0.4120		521.1047
	Rata-rata		-4.9419	Rata-rata		-8.0043	820.5506

Tabel 8.29 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 40/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0031	0.6200	9.7752	0.0033	0.6600	-4.7348	1697.7929
0.0100	0.0064	0.6400	8.9286	0.0065	0.6500	7.3260	411.1842
0.0150	0.0099	0.6600	-4.8876	0.0100	0.6667	-5.6452	265.8161
0.0200	0.0130	0.6500	-2.9777	0.0131	0.6550	-1.4313	202.4291
0.0250	0.0161	0.6440		0.0163	0.6520		326.9042
	Rata-rata		2.7096	Rata-rata		-1.1213	644.3056

Tabel 8.30 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 40/3, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm °C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0025	0.5000	-8.3333	0.0026	0.5200	-16.0256	1052.6316
0.0100	0.0049	0.4900	12.5976	0.0050	0.5000	9.8765	537.0569
0.0150	0.0076	0.5067	-1.3158	0.0077	0.5133	-2.5974	346.2604
0.0200	0.0101	0.5050	-7.7486	0.0102	0.5100	-4.9020	260.5524
0.0250	0.0124	0.4960		0.0126	0.5040		424.4482
	Rata-rata		-1.2000	Rata-rata		-3.4121	549.1253

Tabel 8.31 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 40/4, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0020	0.4000	11.9048	0.0021	0.4200	0.0000	1315.7895
0.0100	0.0041	0.4100	3.8715	0.0042	0.4200	0.0000	641.8485
0.0150	0.0062	0.4133	1.9201	0.0063	0.4200	0.0000	424.4482
0.0200	0.0083	0.4150	-8.8776	0.0084	0.4200	-4.7619	317.0577
0.0250	0.0102	0.4080		0.0104	0.4160		515.9959
	Rata-rata		2.2047	Rata-rata		-1.1905	674.7860

Tabel 8.32 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 40/5, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	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		-8.9288	Rata-rata		-13.6996	1002.7261

Tabel 8.33 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 4/4, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)	
	27°C			65°C				
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)		
0.0050	0.0009	0.1800	-444.4444	0.0011	0.2200	-795.4545	5847.9532	
0.0100	0.0014	0.1400	105.8201	0.0015	0.1500	111.1111	1879.6992	
0.0150	0.0023	0.1533	-507.2464	0.0025	0.1667	-950.0000	2288.3295	
0.0200	0.0026	0.1300	-25.6410	0.0027	0.1350	10.5820	1012.1457	
0.0250	0.0032	0.1280		0.0034	0.1360		1644.7368	
Rata-rata			-217.8779	Rata-rata			-405.9404	2757.0319

Tabel 8.34 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 5/5, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm °C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0008	0.1600	-375.0000	0.001	0.2000	-750.0000	6578.9474
0.0100	0.0013	0.1300	96.1538	0.0014	0.1400	59.5238	2024.2915
0.0150	0.0021	0.1400	-267.8571	0.0022	0.1467	-284.0909	1253.1328
0.0200	0.0025	0.1250	-13.3333	0.0026	0.1300	-25.6410	1052.6316
0.0250	0.0031	0.1240		0.0032	0.1280		848.8964
	Rata-rata		-140.0092	Rata-rata		-250.0520	2727.2508

Tabel 8.35 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 6/6, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0008	0.1600	-375.0000	0.0010	0.2000	-750.0000	6578.9474
0.0100	0.0013	0.1300	36.6300	0.0014	0.1400	59.5238	2024.2915
0.0150	0.0020	0.1333	-875.0000	0.0022	0.1467	-2159.0909	2631.5789
0.0200	0.0022	0.1100	30.3030	0.0023	0.1150	14.4928	1196.1722
0.0250	0.0028	0.1120		0.0029	0.1160		939.8496
	Rata-rata		-295.7667	Rata-rata		-708.7686	3107.7475

Tabel 8.36 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 7/7, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm °C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0007	0.1400	-535.7143	0.0009	0.1800	-1111.1111	7518.7970
0.0100	0.0011	0.1100	50.5051	0.0012	0.1200	79.3651	2392.3445
0.0150	0.0017	0.1133	24.5098	0.0019	0.1267	-105.2632	3095.9752
0.0200	0.0023	0.1150	-318.8406	0.0024	0.1200	-333.3333	1144.1648
0.0250	0.0026	0.1040		0.0027	0.1080		1012.1457
Rata-rata			-194.8850	Rata-rata			3537.8204

Tabel 8.37 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 10/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0022	0.4400	-35.8852	0.0024	0.4800	-69.4444	2392.3445
0.0100	0.0041	0.4100	11.0865	0.0042	0.4200	7.2150	641.8485
0.0150	0.0063	0.4200	-19.8413	0.0064	0.4267	-14.3914	417.7109
0.0200	0.0081	0.4050	-18.8816	0.0083	0.4150	-28.6145	649.7726
0.0250	0.0098	0.3920		0.0099	0.3960		268.5285
	Rata-rata		-15.8804	Rata-rata		-26.3088	1025.4191

Tabel 8.38 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T200, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 15/3, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0023	0.4600	-32.6087	0.0024	0.4800	-41.6667	1144.1648
0.0100	0.0043	0.4300	21.7054	0.0044	0.4400	23.3100	611.9951
0.0150	0.0068	0.4533	-28.5948	0.0070	0.4667	-39.9160	773.9938
0.0200	0.0086	0.4300	2.1142	0.0087	0.4350	1.0449	305.9976
0.0250	0.0108	0.4320		0.0109	0.4360		243.6647
	Rata-rata		-9.3460	Rata-rata		-14.3069	709.0378

Tabel 8.39 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 20/4, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0023	0.4600	-45.7666	0.0024	0.4800	-54.8246	1144.1648
0.0100	0.0042	0.4200	25.3968	0.0043	0.4300	26.8336	626.5664
0.0150	0.0067	0.4467	-35.1185	0.0069	0.4600	-47.5543	785.5460
0.0200	0.0084	0.4200	8.2816	0.0085	0.4250	10.7843	313.2832
0.0250	0.0107	0.4280		0.0109	0.4360		491.8839
	Rata-rata		-11.8017	Rata-rata		-16.1902	717.3901

Tabel 8.40 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 25/5, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0023	0.4600	-20.7039	0.0024	0.4800	-29.7619	1144.1648
0.0100	0.0044	0.4400	28.0584	0.0045	0.4500	24.6914	598.0861
0.0150	0.0071	0.4733	-13.4138	0.0072	0.4800	-9.4697	370.6449
0.0200	0.0092	0.4600	85.0110	0.0094	0.4700	83.2124	572.0824
0.0250	0.1120	4.4800		0.1150	4.6000		704.8872
	Rata-rata		19.7379	Rata-rata		17.1680	671.2445

Tabel 8.41 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 12/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	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	-30.9598	1461.9883
0.0100	0.0034	0.3400	29.4118	0.0036	0.3600	9.7466	1547.9876
0.0150	0.0054	0.3600	-39.6825	0.0055	0.3667	-30.3030	487.3294
0.0200	0.0068	0.3400	6.5359	0.0070	0.3500	9.0226	773.9938
0.0250	0.0086	0.3440		0.0089	0.3560		917.9927
	Rata-rata		-9.6143	Rata-rata		-10.6234	1067.8248

Tabel 8.42 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 16/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0024	0.4800	-29.7619	0.0025	0.5000	-38.0952	1096.4912
0.0100	0.0045	0.4500	24.6914	0.0046	0.4600	21.4707	584.7953
0.0150	0.0072	0.4800	-4.5290	0.0073	0.4867	-1.4269	365.4971
0.0200	0.0095	0.4750	0.8772	0.0097	0.4850	-0.8591	554.0166
0.0250	0.0119	0.4760		0.0121	0.4840		442.2822
	Rata-rata		-2.1806	Rata-rata		-4.7276	650.2001

Tabel 8.43 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 20/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0028	0.5600	-6.6138	0.0029	0.5800	-12.7714	939.8496
0.0100	0.0055	0.5500	17.0455	0.0056	0.5600	14.8810	478.4689
0.0150	0.0087	0.5800	-9.9469	0.0088	0.5867	-10.9266	302.4803
0.0200	0.0113	0.5650	-6.1266	0.0114	0.5700	-3.8986	232.8831
0.0250	0.0139	0.5560		0.0141	0.5640		378.6445
	Rata-rata		-1.4105	Rata-rata		-3.1789	488.4205

Tabel 8.44 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 24/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0035	0.7000	-4.2017	0.0036	0.7200	-8.1699	751.8797
0.0100	0.0069	0.6900	8.8991	0.0070	0.7000	7.5188	381.3883
0.0150	0.0107	0.7133	-5.6641	0.0108	0.7200	-4.0850	245.9420
0.0200	0.0140	0.7000	-3.4632	0.0142	0.7100	-6.1620	375.9398
0.0250	0.0173	0.6920		0.0174	0.6960		152.1144
	Rata-rata		-1.1075	Rata-rata		-2.7245	438.7874

Tabel 8.45 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 40/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0054	1.0800	-3.5613	0.0055	1.1000	-5.2448	487.3294
0.0100	0.0106	1.0600	10.8097	0.0107	1.0700	10.2220	248.2622
0.0150	0.0170	1.1333	-5.8824	0.0171	1.1400	-6.1404	154.7988
0.0200	0.0220	1.1000	0.0000	0.0221	1.1050	-0.1645	119.6172
0.0250	0.0275	1.1000		0.0276	1.1040		95.6938
	Rata-rata		0.3415	Rata-rata		-0.3319	252.5019

Tabel 8.46 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 40/3, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0048	0.9600	-4.5290	0.0049	0.9800	-6.6548	548.2456
0.0100	0.0094	0.9400	10.3159	0.0095	0.9500	9.5694	279.9552
0.0150	0.0149	0.9933	-9.1882	0.0150	1.0000	-8.1395	176.6160
0.0200	0.0191	0.9550	1.8848	0.0193	0.9650	0.6345	275.5580
0.0250	0.0241	0.9640		0.0242	0.9680		109.1941
	Rata-rata		-0.3791	Rata-rata		-1.1476	320.0937

Tabel 8.47 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 40/4, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0037	0.7400	0.0000	0.0038	0.7600	-3.5562	711.2376
0.0100	0.0074	0.7400	10.7250	0.0075	0.7500	9.5238	355.6188
0.0150	0.0116	0.7733	-11.1024	0.0117	0.7800	-11.6550	226.8603
0.0200	0.0149	0.7450	-0.3628	0.0150	0.7500	-0.7207	176.6160
0.0250	0.0186	0.7440		0.0187	0.7480		141.4827
	Rata-rata		-0.1850	Rata-rata		-1.6020	367.5832

Tabel 8.48 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 40/5, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0024	0.4800	-18.9394	0.0026	0.5200	-34.9650	2192.9825
0.0100	0.0046	0.4600	25.8799	0.0048	0.4800	19.8413	1144.1648
0.0150	0.0074	0.4933	-23.6486	0.0076	0.5067	-26.3158	711.2376
0.0200	0.0094	0.4700	-1.8501	0.0096	0.4800	-3.6232	559.9104
0.0250	0.0117	0.4680		0.0119	0.4760		449.8426
	Rata-rata		-4.6396	Rata-rata		-11.2657	1152.0738

Tabel 8.49 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 4/4, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0006	0.1200	-416.6667	0.0008	0.1600	-625.0000	8771.9298
0.0100	0.0010	0.1000	111.1111	0.0012	0.1200	-111.1111	5263.1579
0.0150	0.0016	0.1067	-156.2500	0.0017	0.1133	-58.8235	1644.7368
0.0200	0.0020	0.1000	-100.0000	0.0022	0.1100	-36.3636	2631.5789
0.0250	0.0024	0.0960		0.0027	0.1080		3289.4737
Rata-rata			-140.4514	Rata-rata			4577.8509

Tabel 8.50 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 5/5, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0006	0.1200	-166.6667	0.0008	0.1600	-375.0000	8771.9298
0.0100	0.0011	0.1100	50.5051	0.0013	0.1300	-153.8462	4784.6890
0.0150	0.0017	0.1133	-183.8235	0.0018	0.1200	-208.3333	1547.9876
0.0200	0.0021	0.1050	47.6190	0.0022	0.1100	77.9221	1253.1328
0.0250	0.0027	0.1080		0.0029	0.1160		1949.3177
	Rata-rata		-63.0915	Rata-rata		-164.8144	4089.4348

Tabel 8.51 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 6/6, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0006	0.1200	-833.3333	0.0007	0.1400	-952.3810	4385.9649
0.0100	0.0009	0.0900	74.0741	0.0010	0.1000	0.0000	2923.9766
0.0150	0.0014	0.0933	-297.6190	0.0015	0.1000	-125.0000	1879.6992
0.0200	0.0017	0.0850	-29.4118	0.0019	0.0950	-78.9474	3095.9752
0.0250	0.0021	0.0840		0.0023	0.0920		2506.2657
	Rata-rata		-271.5725	Rata-rata		-289.0821	3071.4040

Tabel 8.52 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 7/7, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0006	0.1200	-833.3333	0.0007	0.1400	-535.7143	4385.9649
0.0100	0.0009	0.0900	-92.5926	0.0011	0.1100	-505.0505	5847.9532
0.0150	0.0013	0.0867	-256.4103	0.0014	0.0933	-297.6190	2024.2915
0.0200	0.0016	0.0800	0.0000	0.0017	0.0850	70.5882	1644.7368
0.0250	0.0020	0.0800		0.0022	0.0880		2631.5789
Rata-rata			-295.5840	Rata-rata			3475.7366

Tabel 8.53 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 10/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0014	0.2800	-27.4725	0.0015	0.3000	-51.2821	1879.6992
0.0100	0.0027	0.2700	-9.4967	0.0028	0.2800	0.0000	974.6589
0.0150	0.0040	0.2667	-4.8077	0.0042	0.2800	-29.7619	1315.7895
0.0200	0.0053	0.2650	-15.7233	0.0054	0.2700	-18.5185	496.5243
0.0250	0.0065	0.2600		0.0066	0.2640		404.8583
	Rata-rata		-14.3750	Rata-rata		-24.8906	1166.6680

Tabel 8.54 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 15/3, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0015	0.3000	-51.2821	0.0016	0.3200	-72.1154	1754.3860
0.0100	0.0028	0.2800	29.7619	0.0029	0.2900	21.5517	939.8496
0.0150	0.0044	0.2933	-37.8788	0.0045	0.3000	-41.6667	598.0861
0.0200	0.0056	0.2800	9.5238	0.0057	0.2850	15.3509	469.9248
0.0250	0.0071	0.2840		0.0073	0.2920		741.2898
	Rata-rata		-12.4688	Rata-rata		-19.2199	940.5616

Tabel 8.55 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 20/4, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0016	0.3200	-44.6429	0.0017	0.3400	-63.0252	1644.7368
0.0100	0.0030	0.3000	26.1438	0.0031	0.3100	18.9753	877.1930
0.0150	0.0047	0.3133	-7.0922	0.0048	0.3200	-10.4167	559.9104
0.0200	0.0062	0.3100	-13.8249	0.0063	0.3150	-6.3492	424.4482
0.0250	0.0076	0.3040		0.0078	0.3120		692.5208
	Rata-rata		-9.8540	Rata-rata		-15.2039	876.5721

Tabel 8.56 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 25/5, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0017	0.3400	-63.0252	0.0018	0.3600	-79.3651	1547.9876
0.0100	0.0031	0.3100	29.8686	0.0032	0.3200	23.1481	848.8964
0.0150	0.0049	0.3267	-25.5102	0.0050	0.3333	-28.5714	537.0569
0.0200	0.0063	0.3150	9.3371	0.0064	0.3200	7.3529	417.7109
0.0250	0.0080	0.3200		0.0081	0.3240		328.9474
	Rata-rata		-12.3324	Rata-rata		-19.3589	837.9130

Tabel 8.57 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 12/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm° C ⁻¹)
	27° C			65° C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0011	0.2200	37.8788	0.0012	0.2400	32.0513	2392.3445
0.0100	0.0023	0.2300	12.0773	0.0025	0.2500	-36.3636	2288.3295
0.0150	0.0035	0.2333	-98.2143	0.0036	0.2400	-104.1667	751.8797
0.0200	0.0043	0.2150	4.2283	0.0044	0.2200	227.2727	611.9951
0.0250	0.0054	0.2160			0.0000	0.006	-26315.7895
	Rata-rata		-11.0075	Rata-rata		29.6984	1511.1372

Tabel 8.58 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 16/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0017	0.3400	16.3399	0.0019	0.3800	-30.9598	3095.9752
0.0100	0.0035	0.3500	5.2910	0.0036	0.3600	9.7466	751.8797
0.0150	0.0053	0.3533	-50.7983	0.0055	0.3667	-71.9697	993.0487
0.0200	0.0066	0.3300	3.5651	0.0067	0.3350	8.2919	398.7241
0.0250	0.0083	0.3320		0.0085	0.3400	0.009	634.1154
	Rata-rata		-6.4006	Rata-rata		-21.2227	1309.9069

Tabel 8.59 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 20/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0022	0.4400	0.0000	0.0023	0.4600	-9.8814	1196.1722
0.0100	0.0044	0.4400	18.1818	0.0045	0.4500	14.8148	598.0861
0.0150	0.0069	0.4600	-22.8833	0.0070	0.4667	-24.4361	381.3883
0.0200	0.0088	0.4400	-14.3541	0.0089	0.4450	-15.3755	299.0431
0.0250	0.0107	0.4280		0.0108	0.4320		245.9420
	Rata-rata		-4.7639	Rata-rata		-8.7196	618.6724

Tabel 8.60 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 24/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0025	0.5000	0.0000	0.0027	0.5400	-23.1481	2105.2632
0.0100	0.0050	0.5000	22.2222	0.0051	0.5100	19.6078	526.3158
0.0150	0.0080	0.5333	-19.8864	0.0081	0.5400	-21.0438	328.9474
0.0200	0.0102	0.5100	-4.9020	0.0103	0.5150	-5.6634	257.9979
0.0250	0.0126	0.5040		0.0127	0.5080		208.8555
	Rata-rata		-0.6415	Rata-rata		-7.5619	804.6311

Tabel 8.61 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 40/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm° C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0043	0.8600	-5.6721	0.0045	0.9000	-13.8889	1223.9902
0.0100	0.0084	0.8400	12.6984	0.0085	0.8500	11.7647	313.2832
0.0150	0.0134	0.8933	-13.4743	0.0135	0.9000	-12.0120	196.3865
0.0200	0.0170	0.8500	6.2425	0.0172	0.8600	5.6953	309.5975
0.0250	0.0219	0.8760		0.0221	0.8840		240.3268
	Rata-rata		-0.0514	Rata-rata		-2.1102	510.8144

Tabel 8.62 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 40/3, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0034	0.6800	0.0000	0.0035	0.7000	-4.2017	773.9938
0.0100	0.0068	0.6800	16.7384	0.0069	0.6900	17.2533	386.9969
0.0150	0.0109	0.7267	-14.5260	0.0111	0.7400	-18.6393	482.8585
0.0200	0.0139	0.6950	6.2719	0.0140	0.7000	5.8608	189.3222
0.0250	0.0178	0.7120		0.0179	0.7160		147.8415
	Rata-rata		2.1211	Rata-rata		0.0683	458.2929

Tabel 8.63 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 40/4, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0037	0.7400	0.0000	0.0039	0.7800	-10.6838	1422.4751
0.0100	0.0074	0.7400	6.7568	0.0075	0.7500	5.5556	355.6188
0.0150	0.0114	0.7600	-20.4174	0.0115	0.7667	-20.9895	230.8403
0.0200	0.0143	0.7150	14.2774	0.0144	0.7200	14.7392	184.0265
0.0250	0.0191	0.7640		0.0193	0.7720		275.5580
	Rata-rata		0.1542	Rata-rata		-2.8446	548.2402

Tabel 8.64 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T180, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 40/5, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0018	0.3600	-16.3399	0.0019	0.3800	-30.9598	1461.9883
0.0100	0.0035	0.3500	31.7460	0.0036	0.3600	26.4550	751.8797
0.0150	0.0056	0.3733	-22.3214	0.0057	0.3800	-15.4799	469.9248
0.0200	0.0072	0.3600	0.0000	0.0074	0.3700	8.1081	730.9942
0.0250	0.0090	0.3600		0.0094	0.3760		1169.5906
	Rata-rata		-1.7288	Rata-rata		-2.9691	853.6967

Tabel 8.65 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 4/4, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)	
	27°C			65°C				
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)		
0.0050	0.0006	0.1200	-166.6667	0.0007	0.1400	-285.7143	4385.9649	
0.0100	0.0011	0.1100	50.5051	0.0012	0.1200	0.0000	2392.3445	
0.0150	0.0017	0.1133	-183.8235	0.0018	0.1200	-83.3333	1547.9876	
0.0200	0.0021	0.1050	-19.0476	0.0023	0.1150	-52.1739	2506.2657	
0.0250	0.0026	0.1040		0.0028	0.1120		2024.2915	
Rata-rata			-79.7582	Rata-rata			-105.3054	2708.1407

Tabel 8.66 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 5/5, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0005	0.1000	166.6667	0.0006	0.1200	0.0000	5263.1579
0.0100	0.0011	0.1100	50.5051	0.0012	0.1200	79.3651	2392.3445
0.0150	0.0017	0.1133	-58.8235	0.0019	0.1267	-230.2632	3095.9752
0.0200	0.0022	0.1100	77.9221	0.0023	0.1150	62.1118	1196.1722
0.0250	0.0029	0.1160		0.003	0.1200		907.4410
	Rata-rata		59.0676	Rata-rata		-22.1966	2986.9125

Tabel 8.67 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 6/6, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)	
	27°C			65°C				
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)		
0.0050	0.0005	0.1000	0.0000	0.0006	0.1200	-166.6667	5263.1579	
0.0100	0.0010	0.1000	111.1111	0.0011	0.1100	50.5051	2631.5789	
0.0150	0.0016	0.1067	-364.5833	0.0017	0.1133	-392.1569	1644.7368	
0.0200	0.0019	0.0950	-78.9474	0.0020	0.1000	-266.6667	1385.0416	
0.0250	0.0023	0.0920		0.0023	0.0920		0.0000	
Rata-rata			-83.1049	Rata-rata			-193.7463	2731.1288

Tabel 8.68 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 7/7, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)	
	27°C			65°C				
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)		
0.0050	0.0005	0.1000	-250.0000	0.0006	0.1200	-416.6667	5263.1579	
0.0100	0.0009	0.0900	-92.5926	0.0010	0.1000	0.0000	2923.9766	
0.0150	0.0013	0.0867	-673.0769	0.0015	0.1000	-2000.0000	4048.5830	
0.0200	0.0015	0.0750	33.3333	0.0016	0.0800	0.0000	1754.3860	
0.0250	0.0019	0.0760		0.0020	0.0800		1385.0416	
Rata-rata			-245.5840	Rata-rata			-604.1667	3497.5259

Tabel 8.69 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T65, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 10/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0012	0.2400	-37.8788	0.0013	0.2600	-69.9301	2192.9825
0.0100	0.0023	0.2300	33.4448	0.0024	0.2400	21.3675	1144.1648
0.0150	0.0036	0.2400	-41.6667	0.0037	0.2467	-47.2973	730.9942
0.0200	0.0046	0.2300	20.0669	0.0047	0.2350	27.3556	572.0824
0.0250	0.0059	0.2360		0.0061	0.2440		892.0607
	Rata-rata		-6.5084	Rata-rata		-17.1261	1160.0559

Tabel 8.70 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 15/3, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0013	0.2600	-32.0513	0.0014	0.2800	-27.4725	2024.2915
0.0100	0.0025	0.2500	28.5714	0.0027	0.2700	-9.4967	2105.2632
0.0150	0.0039	0.2600	0.0000	0.0040	0.2667	-4.8077	674.7638
0.0200	0.0052	0.2600	-27.9720	0.0053	0.2650	-15.7233	506.0729
0.0250	0.0063	0.2520		0.0065	0.2600		835.4219
	Rata-rata		-7.8630	Rata-rata		-14.3750	1327.5978

Tabel 8.71 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 20/4, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0015	0.3000	55.5556	0.0016	0.3200	34.7222	1754.3860
0.0100	0.0033	0.3300	-6.3131	0.0034	0.3400	-12.2549	797.4482
0.0150	0.0049	0.3267	-3.1888	0.0050	0.3333	2.9412	537.0569
0.0200	0.0065	0.3250	-10.2564	0.0067	0.3350	-13.9303	809.7166
0.0250	0.0080	0.3200		0.0082	0.3280		657.8947
	Rata-rata		8.9493	Rata-rata		2.8695	974.6519

Tabel 8.72 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 25/5, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0015	0.3000	20.8333	0.0017	0.3400	-39.2157	3508.7719
0.0100	0.0031	0.3100	29.8686	0.0032	0.3200	32.8947	848.8964
0.0150	0.0049	0.3267	-25.5102	0.0051	0.3400	-45.2489	1074.1139
0.0200	0.0063	0.3150	-26.8620	0.0064	0.3200	-28.8462	417.7109
0.0250	0.0076	0.3040		0.0077	0.3080		346.2604
	Rata-rata		-0.4176	Rata-rata		-20.1040	1462.3733

Tabel 8.73 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 12/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0009	0.1800	-69.4444	0.0011	0.2200	-259.7403	5847.9532
0.0100	0.0017	0.1700	21.7865	0.0018	0.1800	0.0000	1547.9876
0.0150	0.0026	0.1733	10.6838	0.0027	0.1800	27.7778	1012.1457
0.0200	0.0035	0.1750	-57.1429	0.0037	0.1850	-69.4981	1503.7594
0.0250	0.0042	0.1680		0.0044	0.1760		1253.1328
	Rata-rata		-23.5293	Rata-rata		-75.3651	2477.9615

Tabel 8.74 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 16/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0013	0.2600	-69.9301	0.0015	0.3000	-166.6667	4048.5830
0.0100	0.0024	0.2400	21.3675	0.0025	0.2500	10.2564	1096.4912
0.0150	0.0037	0.2467	-24.5700	0.0038	0.2533	-29.9043	711.2376
0.0200	0.0048	0.2400	-33.3333	0.0049	0.2450	-18.5529	548.2456
0.0250	0.0058	0.2320		0.0060	0.2400		907.4410
	Rata-rata		-26.6165	Rata-rata		-51.2169	1601.1393

Tabel 8.75 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 20/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm °C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0016	0.3200	-20.8333	0.0017	0.3400	-39.2157	1644.7368
0.0100	0.0031	0.3100	6.7204	0.0032	0.3200	0.0000	848.8964
0.0150	0.0047	0.3133	-7.0922	0.0048	0.3200	-10.4167	559.9104
0.0200	0.0062	0.3100	-13.8249	0.0063	0.3150	-15.8730	424.4482
0.0250	0.0076	0.3040		0.0077	0.3080		346.2604
	Rata-rata		-8.7575	Rata-rata		-16.3763	869.4980

Tabel 8.76 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 24/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0020	0.4000	-27.7778	0.0021	0.4200	-39.6825	1315.7895
0.0100	0.0038	0.3800	16.7084	0.0039	0.3900	19.4250	692.5208
0.0150	0.0059	0.3933	-4.4603	0.0061	0.4067	-15.9381	892.0607
0.0200	0.0078	0.3900	-8.5470	0.0079	0.3950	-3.9973	337.3819
0.0250	0.0096	0.3840		0.0098	0.3920		548.2456
	Rata-rata		-6.0192	Rata-rata		-10.0482	809.4382

Tabel 8.77 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 40/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0042	0.8400	-2.9036	0.0043	0.8600	-2.7685	626.5664
0.0100	0.0083	0.8300	10.8768	0.0085	0.8500	7.5094	634.1154
0.0150	0.0131	0.8733	1.6964	0.0132	0.8800	1.2626	200.8839
0.0200	0.0176	0.8800	-19.0616	0.0177	0.8850	-17.3023	149.5215
0.0250	0.0207	0.8280		0.0209	0.8360		254.2588
	Rata-rata		-2.3480	Rata-rata		-2.8247	402.7718

Tabel 8.78 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 40/3, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0024	0.4800	-18.9394	0.0025	0.5000	-38.0952	1096.4912
0.0100	0.0046	0.4600	16.7224	0.0046	0.4600	21.4707	0.0000
0.0150	0.0072	0.4800	14.8810	0.0073	0.4867	16.5328	365.4971
0.0200	0.0100	0.5000	-37.6471	0.0102	0.5100	-39.2157	526.3158
0.0250	0.0117	0.4680		0.0119	0.4760		449.8426
	Rata-rata		-6.2458	Rata-rata		-9.8268	497.0760

Tabel 8.79 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 40/4, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm° C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0018	0.3600	-16.3399	0.0019	0.3800	-30.9598	1461.9883
0.0100	0.0035	0.3500	15.0376	0.0036	0.3600	9.7466	751.8797
0.0150	0.0054	0.3600	13.8889	0.0055	0.3667	17.3160	487.3294
0.0200	0.0074	0.3700	-45.7380	0.0076	0.3800	-48.5830	711.2376
0.0250	0.0087	0.3480		0.0089	0.3560		604.9607
	Rata-rata		-8.2879	Rata-rata		-13.1200	853.1087

Tabel 8.80 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 40/5, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0015	0.3000	-23.8095	0.0017	0.3400	-90.4977	3508.7719
0.0100	0.0029	0.2900	33.8066	0.0030	0.3000	26.1438	907.4410
0.0150	0.0046	0.3067	6.7935	0.0047	0.3133	12.5156	572.0824
0.0200	0.0062	0.3100	-37.6344	0.0064	0.3200	-56.8182	848.8964
0.0250	0.0074	0.2960		0.0075	0.3000		355.6188
	Rata-rata		-5.2110	Rata-rata		-27.1641	1459.2979

Tabel 8.81 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 4/4, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0003	0.0600	416.6667	0.0005	0.1000	-250.0000	17543.8596
0.0100	0.0007	0.0700	-158.7302	0.0009	0.0900	-370.3704	7518.7970
0.0150	0.0010	0.0667	-500.0000	0.0012	0.0800	-625.0000	5263.1579
0.0200	0.0012	0.0600	-333.3333	0.0014	0.0700	-428.5714	4385.9649
0.0250	0.0014	0.0560		0.0016	0.0640		3759.3985
	Rata-rata		-143.8492	Rata-rata		-418.4854	8677.9449

Tabel 8.82 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 5/5, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0004	0.0800	0.0000	0.0005	0.1000	-250.0000	6578.9474
0.0100	0.0008	0.0800	0.0000	0.0009	0.0900	-92.5926	3289.4737
0.0150	0.0012	0.0800	-208.3333	0.0013	0.0867	-256.4103	2192.9825
0.0200	0.0015	0.0750	-466.6667	0.0016	0.0800	-500.0000	1754.3860
0.0250	0.0017	0.0680		0.0018	0.0720		1547.9876
	Rata-rata		-168.7500	Rata-rata		-274.7507	3453.9474

Tabel 8.83 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 6/6, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0004	0.0800	-416.6667	0.0005	0.1000	-666.6667	6578.9474
0.0100	0.0007	0.0700	-158.7302	0.0008	0.0800	-277.7778	3759.3985
0.0150	0.0010	0.0667	-500.0000	0.0011	0.0733	-568.1818	2631.5789
0.0200	0.0012	0.0600	0.0000	0.0013	0.0650	115.3846	2192.9825
0.0250	0.0015	0.0600		0.0017	0.0680		3508.7719
Rata-rata			-268.8492	Rata-rata			3790.7268

Tabel 8.84 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 7/7, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0003	0.0600	0.0000	0.0004	0.0800	-416.6667	8771.9298
0.0100	0.0006	0.0600	0.0000	0.0007	0.0700	-158.7302	4385.9649
0.0150	0.0009	0.0600	0.0000	0.0010	0.0667	125.0000	2923.9766
0.0200	0.0012	0.0600	-1333.3333	0.0014	0.0700	-1428.5714	4385.9649
0.0250	0.0013	0.0520		0.0015	0.0600		4048.5830
Rata-rata			-333.3333	Rata-rata		-469.7421	5116.9591

Tabel 8.85 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 10/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)	
	27°C			65°C				
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)		
0.0050	0.0009	0.1800	0.0000	0.0011	0.2200	-170.4545	5847.9532	
0.0100	0.0018	0.1800	37.0370	0.0019	0.1900	17.5439	1461.9883	
0.0150	0.0028	0.1867	-44.6429	0.0029	0.1933	-53.8793	939.8496	
0.0200	0.0036	0.1800	-111.1111	0.0037	0.1850	-33.7838	730.9942	
0.0250	0.0042	0.1680		0.0045	0.1800		1879.6992	
Rata-rata			-29.6792	Rata-rata			-60.1434	2245.1963

Tabel 8.86 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 15/3, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0011	0.2200	-101.0101	0.0012	0.2400	-138.8889	2392.3445
0.0100	0.0020	0.2000	30.3030	0.0021	0.2100	14.4300	1315.7895
0.0150	0.0031	0.2067	33.6022	0.0032	0.2133	42.0673	848.8964
0.0200	0.0043	0.2150	-147.2868	0.0045	0.2250	-155.5556	1223.9902
0.0250	0.0049	0.1960		0.0051	0.2040		1074.1139
	Rata-rata		-46.0979	Rata-rata		-59.4868	1445.2552

Tabel 8.87 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 20/4, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm° C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0013	0.2600	0.0000	0.0014	0.2800	-27.4725	2024.2915
0.0100	0.0026	0.2600	-21.3675	0.0027	0.2700	-30.8642	1012.1457
0.0150	0.0038	0.2533	18.7970	0.0039	0.2600	13.7363	692.5208
0.0200	0.0052	0.2600	-46.1538	0.0053	0.2650	-49.0566	506.0729
0.0250	0.0062	0.2480		0.0063	0.2520		424.4482
	Rata-rata		-12.1811	Rata-rata		-23.4143	1058.7577

Tabel 8.88 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 25/5, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0017	0.3400	-18.3824	0.0019	0.3800	-70.1754	3095.9752
0.0100	0.0033	0.3300	5.9418	0.0034	0.3400	0.0000	797.4482
0.0150	0.0050	0.3333	11.1111	0.0051	0.3400	8.1699	526.3158
0.0200	0.0068	0.3400	-64.1711	0.0069	0.3450	-50.7246	386.9969
0.0250	0.0079	0.3160		0.0081	0.3240		666.2225
	Rata-rata		-16.3751	Rata-rata		-28.1825	1201.6840

Tabel 8.89 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 12/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)	
	27°C			65°C				
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)		
0.0050	0.0012	0.2400	0.0000	0.0013	0.2600	-32.0513	2192.9825	
0.0100	0.0024	0.2400	-25.2525	0.0025	0.2500	-36.3636	1096.4912	
0.0150	0.0035	0.2333	5.9524	0.0036	0.2400	0.0000	751.8797	
0.0200	0.0047	0.2350	-52.0095	0.0048	0.2400	-15.1515	559.9104	
0.0250	0.0056	0.2240		0.0059	0.2360		1409.7744	
Rata-rata			-17.8274	Rata-rata			-20.8916	1150.3159

Tabel 8.90 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 16/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0013	0.2600	-69.9301	0.0014	0.2800	-97.4026	2024.2915
0.0100	0.0024	0.2400	0.0000	0.0025	0.2500	-11.1111	1096.4912
0.0150	0.0036	0.2400	16.0256	0.0037	0.2467	24.1313	730.9942
0.0200	0.0049	0.2450	-58.9569	0.0051	0.2550	-65.3595	1074.1139
0.0250	0.0058	0.2320		0.0060	0.2400		907.4410
	Rata-rata		-28.2153	Rata-rata		-37.4355	1231.4727

Tabel 8.91 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 20/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0014	0.2800	23.8095	0.0015	0.3000	0.0000	1879.6992
0.0100	0.0029	0.2900	-8.2102	0.0030	0.3000	-15.8730	907.4410
0.0150	0.0043	0.2867	18.1686	0.0044	0.2933	14.2045	611.9951
0.0200	0.0059	0.2950	-46.2250	0.0060	0.3000	-48.4848	446.0303
0.0250	0.0070	0.2800		0.0071	0.2840		375.9398
	Rata-rata		-3.1143	Rata-rata		-12.5383	961.2914

Tabel 8.92 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 24/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0015	0.3000	-51.2821	0.0016	0.3200	-72.1154	1754.3860
0.0100	0.0028	0.2800	29.7619	0.0029	0.2900	21.5517	939.8496
0.0150	0.0044	0.2933	3.7879	0.0045	0.3000	0.0000	598.0861
0.0200	0.0059	0.2950	-46.2250	0.0060	0.3000	-33.3333	446.0303
0.0250	0.0070	0.2800		0.0072	0.2880		751.8797
	Rata-rata		-15.9893	Rata-rata		-20.9742	934.5880

Tabel 8.93 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 40/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0039	0.7800	0.0000	0.0040	0.8000	-3.2051	674.7638
0.0100	0.0078	0.7800	6.1050	0.0079	0.7900	6.8688	337.3819
0.0150	0.0120	0.8000	4.3605	0.0122	0.8133	1.9516	438.5965
0.0200	0.0163	0.8150	-9.7438	0.0164	0.8200	-10.0430	161.4466
0.0250	0.0197	0.7880		0.0198	0.7920		133.5827
	Rata-rata		0.1804	Rata-rata		-1.1069	403.0472

Tabel 8.94 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 40/3, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0043	0.8600	0.0000	0.0044	0.8800	-2.6427	611.9951
0.0100	0.0086	0.8600	5.0556	0.0087	0.8700	4.1646	305.9976
0.0150	0.0132	0.8800	4.7348	0.0133	0.8867	6.3910	199.3620
0.0200	0.0180	0.9000	-11.1111	0.0183	0.9150	-13.4270	438.5965
0.0250	0.0216	0.8640		0.0218	0.8720		243.6647
	Rata-rata		-0.3302	Rata-rata		-1.3785	388.9878

Tabel 8.95 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 40/4, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0032	0.6400	0.0000	0.0033	0.6600	-4.7348	822.3684
0.0100	0.0064	0.6400	6.1275	0.0065	0.6500	4.5249	411.1842
0.0150	0.0098	0.6533	5.1020	0.0099	0.6600	4.3290	268.5285
0.0200	0.0133	0.6650	-16.7727	0.0134	0.6700	-17.2216	197.8631
0.0250	0.0159	0.6360		0.0160	0.6400		165.5081
	Rata-rata		-1.3858	Rata-rata		-3.2756	424.9860

Tabel 8.96 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T165, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 40/5, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0024	0.4800	8.3333	0.0025	0.5000	0.0000	1096.4912
0.0100	0.0049	0.4900	2.7211	0.0050	0.5000	0.0000	537.0569
0.0150	0.0074	0.4933	-2.8153	0.0075	0.5000	-4.1667	355.6188
0.0200	0.0098	0.4900	-13.6054	0.0099	0.4950	-10.1010	268.5285
0.0250	0.0119	0.4760		0.0121	0.4840		442.2822
	Rata-rata		-1.3416	Rata-rata		-3.5669	564.4238

Tabel 8.97 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 4/4, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)	
	27°C			65°C				
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)		
0.0050	0.0005	0.1000	-250.0000	0.0006	0.1200	-416.6667	5263.1579	
0.0100	0.0009	0.0900	-92.5926	0.0010	0.1000	-166.6667	2923.9766	
0.0150	0.0013	0.0867	-48.0769	0.0014	0.0933	-89.2857	2024.2915	
0.0200	0.0017	0.0850	-196.0784	0.0018	0.0900	-55.5556	1547.9876	
0.0250	0.0020	0.0800		0.0022	0.0880		2631.5789	
Rata-rata			-146.6870	Rata-rata			-182.0437	2939.8534

Tabel 8.98 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 5/5, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0005	0.1000	0.0000	0.0006	0.1200	-166.6667	5263.1579
0.0100	0.0010	0.1000	111.1111	0.0011	0.1100	50.5051	2631.5789
0.0150	0.0016	0.1067	-364.5833	0.0017	0.1133	-183.8235	1644.7368
0.0200	0.0019	0.0950	-245.6140	0.0021	0.1050	-285.7143	2770.0831
0.0250	0.0022	0.0880		0.0024	0.0960		2392.3445
	Rata-rata		-124.7716	Rata-rata		-146.4249	3077.3892

Tabel 8.99 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 6/6, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0005	0.1000	0.0000	0.0006	0.1200	-166.6667	5263.1579
0.0100	0.0010	0.1000	0.0000	0.0011	0.1100	-60.6061	2631.5789
0.0150	0.0015	0.1000	0.0000	0.0016	0.1067	-31.2500	1754.3860
0.0200	0.0020	0.1000	-100.0000	0.0021	0.1050	-119.0476	1315.7895
0.0250	0.0024	0.0960		0.0025	0.1000		1096.4912
	Rata-rata		-25.0000	Rata-rata		-94.3926	2741.2281

Tabel 8.100 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 7/7, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0005	0.1000	0.0000	0.0006	0.1200	0.0000	5263.1579
0.0100	0.0010	0.1000	0.0000	0.0012	0.1200	-277.7778	5263.1579
0.0150	0.0015	0.1000	-333.3333	0.0016	0.1067	-364.5833	1754.3860
0.0200	0.0018	0.0900	44.4444	0.0019	0.0950	21.0526	1461.9883
0.0250	0.0023	0.0920		0.0024	0.0960		1144.1648
Rata-rata			-72.2222	Rata-rata		-155.3271	3435.6725

Tabel 8.101 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 10/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0013	0.2600	-69.9301	0.0013	0.2600	-32.0513	0.0000
0.0100	0.0024	0.2400	-25.2525	0.0025	0.2500	-11.1111	1096.4912
0.0150	0.0035	0.2333	-12.9870	0.0037	0.2467	-47.2973	1503.7594
0.0200	0.0046	0.2300	-48.3092	0.0047	0.2350	-29.7872	572.0824
0.0250	0.0055	0.2200		0.0057	0.2280		956.9378
	Rata-rata		-39.1197	Rata-rata		-30.0617	793.0833

Tabel 8.102 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 15/3, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm° C ⁻¹)
	27° C			65° C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0013	0.2600	0.0000	0.0014	0.2800	-27.4725	2024.2915
0.0100	0.0026	0.2600	0.0000	0.0027	0.2700	-9.4967	1012.1457
0.0150	0.0039	0.2600	-34.9650	0.0040	0.2667	-39.7727	674.7638
0.0200	0.0050	0.2500	-6.6667	0.0051	0.2550	14.0056	526.3158
0.0250	0.0062	0.2480		0.0065	0.2600		1273.3447
	Rata-rata		-10.4079	Rata-rata		-15.6841	1059.3792

Tabel 8.103 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 20/4, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0014	0.2800	-27.4725	0.0015	0.3000	-51.2821	1879.6992
0.0100	0.0027	0.2700	24.6914	0.0028	0.2800	15.8730	974.6589
0.0150	0.0042	0.2800	-99.2063	0.0043	0.2867	-103.3592	626.5664
0.0200	0.0051	0.2550	-24.9554	0.0052	0.2600	10.9890	515.9959
0.0250	0.0062	0.2480		0.0066	0.2640		1697.7929
	Rata-rata		-31.7357	Rata-rata		-31.9448	999.2301

Tabel 8.104 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 25/5, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0015	0.3000	20.8333	0.0017	0.3400	-39.2157	3508.7719
0.0100	0.0031	0.3100	-23.0415	0.0032	0.3200	-29.7619	848.8964
0.0150	0.0045	0.3000	-25.6410	0.0046	0.3067	-29.2642	584.7953
0.0200	0.0058	0.2900	-4.9261	0.0059	0.2950	17.9462	453.7205
0.0250	0.0072	0.2880		0.0076	0.3040		1461.9883
	Rata-rata		-8.1938	Rata-rata		-20.0739	1349.0460

Tabel 8.105 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 12/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0013	0.2600	27.4725	0.0015	0.3000	-23.8095	4048.5830
0.0100	0.0027	0.2700	8.8183	0.0029	0.2900	-8.2102	1949.3177
0.0150	0.0041	0.2733	-67.0732	0.0043	0.2867	-75.5814	1283.6970
0.0200	0.0051	0.2550	3.0166	0.0053	0.2650	-2.9028	1031.9917
0.0250	0.0064	0.2560		0.0066	0.2640		822.3684
	Rata-rata		-6.9414	Rata-rata		-27.6260	2078.3974

Tabel 8.106 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 16/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0019	0.3800	-30.9598	0.0020	0.4000	-44.1176	1385.0416
0.0100	0.0036	0.3600	9.7466	0.0037	0.3700	4.7416	730.9942
0.0150	0.0055	0.3667	-30.3030	0.0056	0.3733	-22.3214	478.4689
0.0200	0.0070	0.3500	3.1746	0.0072	0.3600	0.0000	751.8797
0.0250	0.0088	0.3520		0.0090	0.3600		598.0861
	Rata-rata		-12.0854	Rata-rata		-15.4244	836.5961

Tabel 8.107 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 20/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0023	0.4600	-9.8814	0.0025	0.5000	-27.2727	2288.3295
0.0100	0.0045	0.4500	9.2593	0.0047	0.4700	-3.0836	1169.5906
0.0150	0.0069	0.4600	-10.3520	0.0070	0.4667	-11.9048	381.3883
0.0200	0.0090	0.4500	-11.1111	0.0091	0.4550	-7.3260	292.3977
0.0250	0.0110	0.4400		0.0112	0.4480		478.4689
	Rata-rata		-5.5213	Rata-rata		-12.3968	1032.9265

Tabel 8.108 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 24/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0027	0.5400	6.6138	0.0028	0.5600	0.0000	974.6589
0.0100	0.0055	0.5500	6.2696	0.0056	0.5600	4.1051	478.4689
0.0150	0.0084	0.5600	-6.8681	0.0085	0.5667	-4.3573	313.2832
0.0200	0.0110	0.5500	-7.2727	0.0112	0.5600	-8.5714	478.4689
0.0250	0.0135	0.5400		0.0137	0.5480		389.8635
	Rata-rata		-0.3144	Rata-rata		-2.2059	561.2200

Tabel 8.109 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 40/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm° C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0043	0.8600	2.6427	0.0044	0.8800	0.0000	611.9951
0.0100	0.0087	0.8700	5.7064	0.0088	0.8800	6.3131	302.4803
0.0150	0.0134	0.8933	-5.0055	0.0136	0.9067	-7.3529	392.7730
0.0200	0.0175	0.8750	-3.0662	0.0176	0.8800	-1.0571	150.3759
0.0250	0.0216	0.8640		0.0219	0.8760		365.4971
	Rata-rata		0.0694	Rata-rata		-0.5242	364.4061

Tabel 8.110 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 40/3, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm° C ⁻¹)
	27° C			65° C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0034	0.6800	8.1699	0.0035	0.7000	3.9683	773.9938
0.0100	0.0070	0.7000	2.6455	0.0071	0.7100	1.3041	375.9398
0.0150	0.0106	0.7067	-7.3703	0.0107	0.7133	-8.0315	248.2622
0.0200	0.0138	0.6900	-8.6957	0.0139	0.6950	-4.9460	190.6941
0.0250	0.0168	0.6720		0.0171	0.6840		469.9248
	Rata-rata		-1.3126	Rata-rata		-1.9263	397.2225

Tabel 8.111 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 40/4, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm °C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0031	0.6200	5.0403	0.0032	0.6400	0.0000	848.8964
0.0100	0.0063	0.6300	1.6534	0.0064	0.6400	6.1275	417.7109
0.0150	0.0095	0.6333	-4.3860	0.0098	0.6533	-12.7551	831.0249
0.0200	0.0125	0.6250	-0.5161	0.0126	0.6300	2.8860	210.5263
0.0250	0.0156	0.6240		0.0159	0.6360		506.0729
	Rata-rata		0.4479	Rata-rata		-0.9354	577.0397

Tabel 8.112 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 600°C, L/W = 40/5, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0025	0.5000	7.6923	0.0027	0.5400	-14.8148	2105.2632
0.0100	0.0051	0.5100	7.2622	0.0052	0.5200	4.7483	515.9959
0.0150	0.0078	0.5200	-3.8462	0.0079	0.5267	-1.2171	337.3819
0.0200	0.0103	0.5150	-13.2392	0.0105	0.5250	-14.7186	510.9862
0.0250	0.0125	0.5000		0.0127	0.5080		421.0526
	Rata-rata		-0.5327	Rata-rata		-6.5006	867.4068

Tabel 8.113 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 4/4, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0004	0.0800	250.0000	0.0005	0.1000	0.0000	6578.9474
0.0100	0.0009	0.0900	-92.5926	0.0010	0.1000	-166.6667	2923.9766
0.0150	0.0013	0.0867	-256.4103	0.0014	0.0933	-297.6190	2024.2915
0.0200	0.0016	0.0800	-166.6667	0.0017	0.0850	137.2549	1644.7368
0.0250	0.0019	0.0760		0.0023	0.0920		5540.1662
Rata-rata			-66.4174	Rata-rata			-81.7577
							3292.9881

Tabel 8.114 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 5/5, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0004	0.0800	250.0000	0.0005	0.1000	166.6667	6578.9474
0.0100	0.0009	0.0900	-370.3704	0.0011	0.1100	-1060.6061	5847.9532
0.0150	0.0012	0.0800	-208.3333	0.0013	0.0867	-48.0769	2192.9825
0.0200	0.0015	0.0750	-133.3333	0.0017	0.0850	-196.0784	3508.7719
0.0250	0.0018	0.0720		0.002	0.0800		2923.9766
Rata-rata			-115.5093	Rata-rata			-284.5237
							4532.1637

Tabel 8.115 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 6/6, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0005	0.1000	0.0000	0.0006	0.1200	-166.6667	5263.1579
0.0100	0.0010	0.1000	190.4762	0.0011	0.1100	189.3939	2631.5789
0.0150	0.0017	0.1133	-808.8235	0.0019	0.1267	-855.2632	3095.9752
0.0200	0.0019	0.0950	21.0526	0.0021	0.1050	-19.0476	2770.0831
0.0250	0.0024	0.0960		0.0026	0.1040		2192.9825
	Rata-rata		-149.3237	Rata-rata		-212.8959	3440.1988

Tabel 8.116 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 7/7, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)	
	27°C			65°C				
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)		
0.0050	0.0006	0.1200	-166.6667	0.0007	0.1400	-285.7143	4385.9649	
0.0100	0.0011	0.1100	-227.2727	0.0012	0.1200	-277.7778	2392.3445	
0.0150	0.0015	0.1000	-125.0000	0.0016	0.1067	-156.2500	1754.3860	
0.0200	0.0019	0.0950	21.0526	0.0020	0.1000	66.6667	1385.0416	
0.0250	0.0024	0.0960		0.0026	0.1040		2192.9825	
Rata-rata			-124.4717	Rata-rata			-163.2688	2479.4342

Tabel 8.117 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 10/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0009	0.1800	-69.4444	0.0011	0.2200	-259.7403	5847.9532
0.0100	0.0017	0.1700	21.7865	0.0018	0.1800	0.0000	1547.9876
0.0150	0.0026	0.1733	10.6838	0.0027	0.1800	0.0000	1012.1457
0.0200	0.0035	0.1750	-57.1429	0.0036	0.1800	0.0000	751.8797
0.0250	0.0042	0.1680		0.0045	0.1800		1879.6992
	Rata-rata		-23.5293	Rata-rata		-64.9351	2289.9916

Tabel 8.118 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 15/3, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0010	0.2000	0.0000	0.0011	0.2200	-45.4545	2631.5789
0.0100	0.0020	0.2000	-37.0370	0.0021	0.2100	-52.9101	1315.7895
0.0150	0.0029	0.1933	-19.1571	0.0030	0.2000	-27.7778	907.4410
0.0200	0.0038	0.1900	-11.6959	0.0039	0.1950	23.3100	692.5208
0.0250	0.0047	0.1880		0.0050	0.2000		1679.7312
	Rata-rata		-16.9725	Rata-rata		-25.7081	1386.8326

8.119 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 20/4, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0011	0.2200	37.8788	0.0012	0.2400	0.0000	2392.3445
0.0100	0.0023	0.2300	12.0773	0.0024	0.2400	0.0000	1144.1648
0.0150	0.0035	0.2333	-63.4921	0.0036	0.2400	-69.4444	751.8797
0.0200	0.0044	0.2200	15.1515	0.0045	0.2250	34.9206	598.0861
0.0250	0.0056	0.2240		0.0059	0.2360		1409.7744
	Rata-rata		0.4039	Rata-rata		-8.6310	1221.6188

Tabel 8.120 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 25/5, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0012	0.2400	83.3333	0.0013	0.2600	51.2821	2192.9825
0.0100	0.0027	0.2700	8.8183	0.0028	0.2800	0.0000	974.6589
0.0150	0.0041	0.2733	-25.4065	0.0042	0.2800	-29.7619	641.8485
0.0200	0.0053	0.2650	-30.8748	0.0054	0.2700	-5.6980	496.5243
0.0250	0.0064	0.2560		0.0067	0.2680		1233.5526
	Rata-rata		8.9676	Rata-rata		3.9555	1076.5035

Tabel 8.121 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 12/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm° C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0013	0.2600	0.0000	0.0015	0.3000	-83.3333	4048.5830
0.0100	0.0026	0.2600	0.0000	0.0027	0.2700	-9.4967	1012.1457
0.0150	0.0039	0.2600	-16.0256	0.0040	0.2667	-20.8333	674.7638
0.0200	0.0051	0.2550	-24.9554	0.0052	0.2600	0.0000	515.9959
0.0250	0.0062	0.2480		0.0065	0.2600		1273.3447
	Rata-rata		-10.2453	Rata-rata		-28.4158	1562.8721

Tabel 8.122 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 16/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0018	0.3600	14.6199	0.0019	0.3800	0.0000	1461.9883
0.0100	0.0037	0.3700	13.5135	0.0038	0.3800	8.7719	711.2376
0.0150	0.0057	0.3800	-15.4799	0.0058	0.3867	-9.5785	461.6805
0.0200	0.0074	0.3700	-16.8919	0.0076	0.3800	-19.7368	711.2376
0.0250	0.0090	0.3600		0.0092	0.3680		584.7953
	Rata-rata		-1.0596	Rata-rata		-5.1359	836.5360

Tabel 8.123 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 20/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0021	0.4200	-11.9048	0.0022	0.4400	-22.7273	1253.1328
0.0100	0.0041	0.4100	-115.1762	0.0042	0.4200	-119.0476	641.8485
0.0150	0.0053	0.3533	60.8643	0.0054	0.3600	58.2437	496.5243
0.0200	0.0084	0.4200	-29.7619	0.0085	0.4250	-16.9935	313.2832
0.0250	0.0100	0.4000		0.0103	0.4120		789.4737
	Rata-rata		-23.9946	Rata-rata		-25.1312	676.1972

Tabel 8.124 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 24/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm° C ⁻¹)
	27° C			65° C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0022	0.4400	0.0000	0.0023	0.4600	-9.8814	1196.1722
0.0100	0.0044	0.4400	-104.8951	0.0045	0.4500	-89.9471	598.0861
0.0150	0.0057	0.3800	58.0495	0.0059	0.3933	51.3611	923.3610
0.0200	0.0091	0.4550	-29.7350	0.0092	0.4600	-24.1546	289.1845
0.0250	0.0108	0.4320		0.0110	0.4400		487.3294
	Rata-rata		-19.1451	Rata-rata		-18.1555	751.7010

Tabel 8.125 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 40/2, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0044	0.8800	4.9407	0.0046	0.9200	-2.4155	1196.1722
0.0100	0.0090	0.9000	3.1521	0.0091	0.9100	2.3381	292.3977
0.0150	0.0137	0.9133	-2.0737	0.0138	0.9200	-2.4704	192.0861
0.0200	0.0181	0.9050	-3.4202	0.0182	0.9100	-2.5556	145.3911
0.0250	0.0223	0.8920		0.0225	0.9000		236.0160
	Rata-rata		0.6497	Rata-rata		-1.2758	456.5118

Tabel 8.126 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 40/3, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0041	0.8200	2.9036	0.0042	0.8400	0.0000	641.8485
0.0100	0.0083	0.8300	6.2472	0.0084	0.8400	5.2910	317.0577
0.0150	0.0128	0.8533	-2.3819	0.0129	0.8600	-1.3843	205.5921
0.0200	0.0169	0.8450	-5.2943	0.0171	0.8550	-4.4984	311.4295
0.0250	0.0207	0.8280		0.0210	0.8400		381.3883
	Rata-rata		0.3687	Rata-rata		-0.1479	368.9819

Tabel 8.127 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 40/4, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0026	0.5200	7.1225	0.0027	0.5400	0.0000	1012.1457
0.0100	0.0053	0.5300	2.3294	0.0054	0.5400	4.4092	496.5243
0.0150	0.0080	0.5333	-2.4038	0.0082	0.5467	-8.5366	657.8947
0.0200	0.0106	0.5300	-11.4848	0.0107	0.5350	-12.1902	248.2622
0.0250	0.0129	0.5160		0.0130	0.5200		203.9984
	Rata-rata		-1.1092	Rata-rata		-4.0794	603.7067

Tabel 8.128 Perhitungan Koefisien Tegangan Resistansi dan Koefisien Suhu Resistansi pada *Screen* T150, Suhu *Firing* 700°C, L/W = 40/5, Suhu Pengujian 27°C dan 65°C.

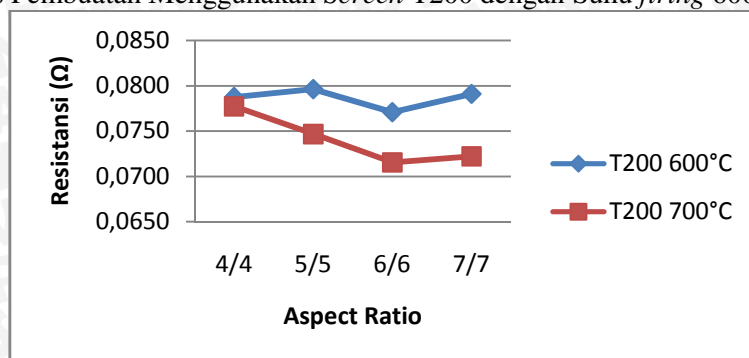
I (A)	Suhu						TCR (ppm°C ⁻¹)
	27°C			65°C			
	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	V (V)	R (Ω)	VCR (V ⁻¹)	
0.0050	0.0025	0.5000	7.6923	0.0026	0.5200	7.1225	1052.6316
0.0100	0.0051	0.5100	11.6713	0.0053	0.5300	2.3294	1031.9917
0.0150	0.0079	0.5267	-1.2171	0.0080	0.5333	-2.4038	333.1113
0.0200	0.0105	0.5250	-14.7186	0.0106	0.5300	-15.4374	250.6266
0.0250	0.0127	0.5080		0.0128	0.5120		207.2109
	Rata-rata		0.8570	Rata-rata		-2.0973	667.0903

LAMPIRAN III

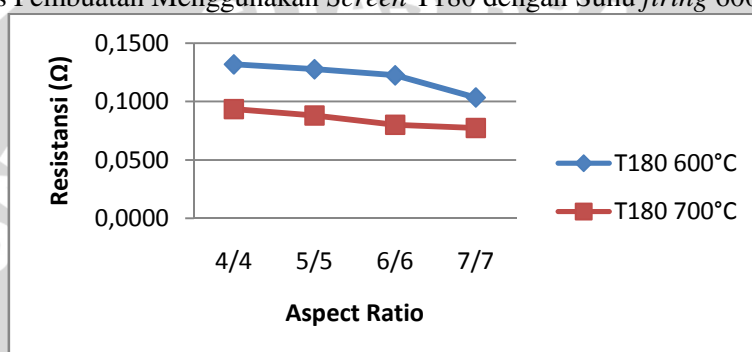
GRAFIK NILAI RESISTANSI KONDUKTOR



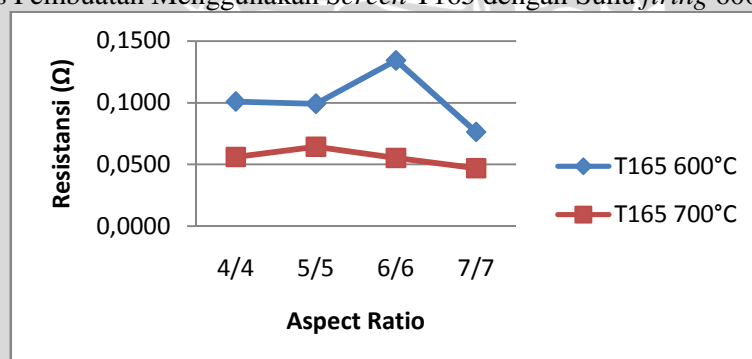
Gambar 9.1 Grafik Nilai Resistansi Konduktor dengan *Aspect Ratio* 1 pada Nilai L dan W Sama. Proses Pembuatan Menggunakan *Screen T200* dengan Suhu *firing* 600°C dan 700°C



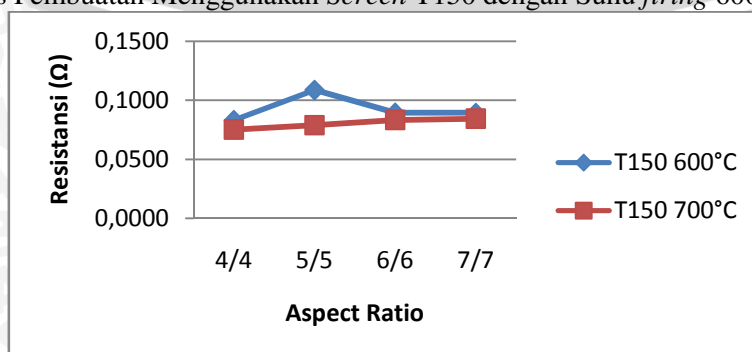
Gambar 9.2 Grafik Nilai Resistansi Konduktor dengan *Aspect Ratio* 1 pada Nilai L dan W Sama. Proses Pembuatan Menggunakan *Screen T180* dengan Suhu *firing* 600°C dan 700°C



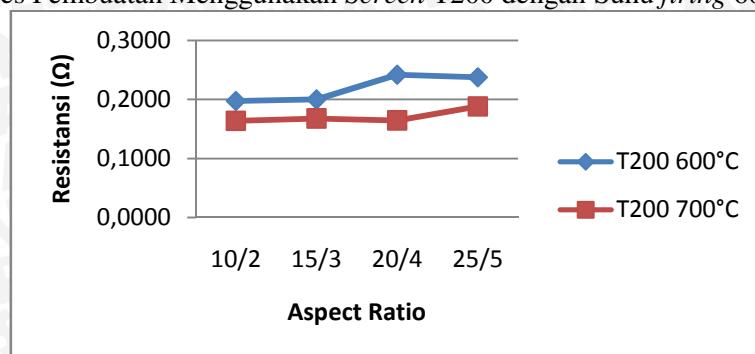
Gambar 9.3 Grafik Nilai Resistansi Konduktor dengan *Aspect Ratio* 1 pada Nilai L dan W Sama. Proses Pembuatan Menggunakan *Screen T165* dengan Suhu *firing* 600°C dan 700°C



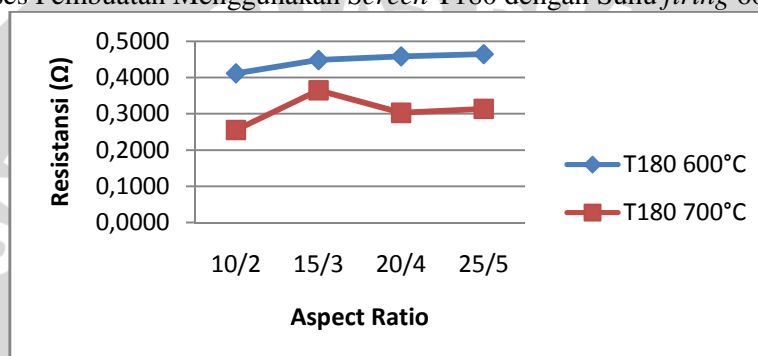
Gambar 9.4 Grafik Nilai Resistansi Konduktor dengan *Aspect Ratio* 1 pada Nilai L dan W Sama. Proses Pembuatan Menggunakan *Screen T150* dengan Suhu *firing* 600°C dan 700°C



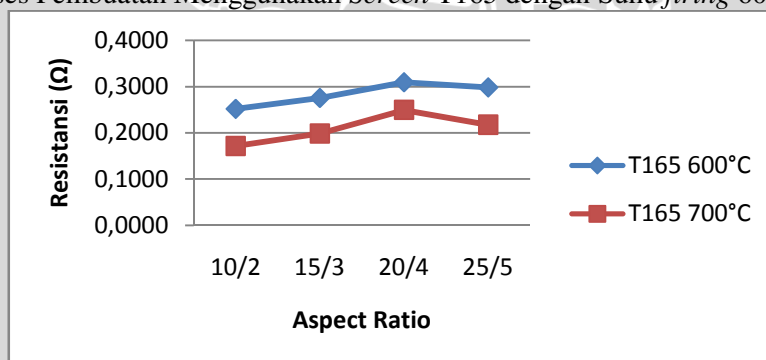
Gambar 9.5 Grafik Nilai Resistansi Konduktor dengan *Aspect Ratio* 5 pada Nilai L dan W Berbeda. Proses Pembuatan Menggunakan *Screen T200* dengan Suhu *firing* 600°C dan 700°C



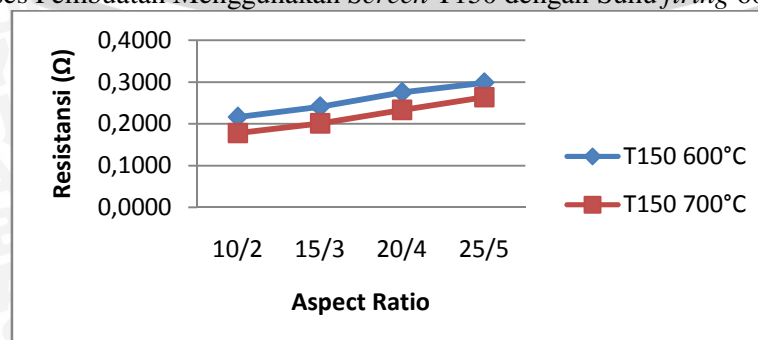
Gambar 9.6 Grafik Nilai Resistansi Konduktor dengan *Aspect Ratio* 5 pada Nilai L dan W Berbeda. Proses Pembuatan Menggunakan *Screen T180* dengan Suhu *firing* 600°C dan 700°C



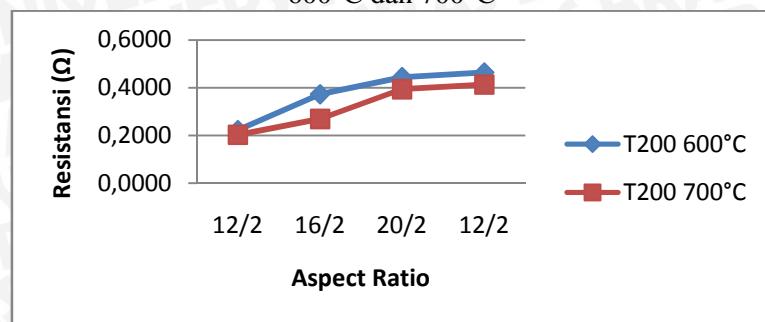
Gambar 9.7 Grafik Nilai Resistansi Konduktor dengan *Aspect Ratio* 5 pada Nilai L dan W Berbeda. Proses Pembuatan Menggunakan *Screen T165* dengan Suhu *firing* 600°C dan 700°C



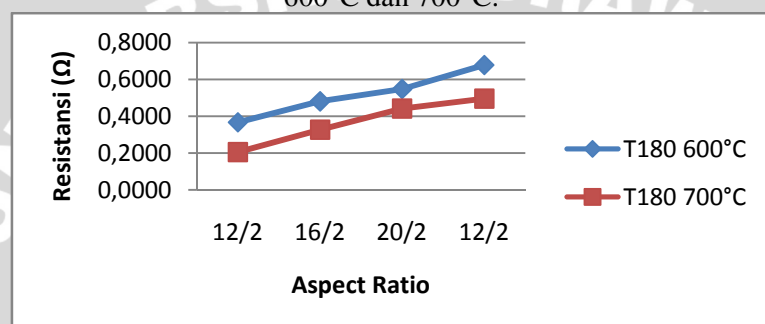
Gambar 9.8 Grafik Nilai Resistansi Konduktor dengan *Aspect Ratio* 5 pada Nilai L dan W Berbeda. Proses Pembuatan Menggunakan *Screen T150* dengan Suhu *firing* 600°C dan 700°C



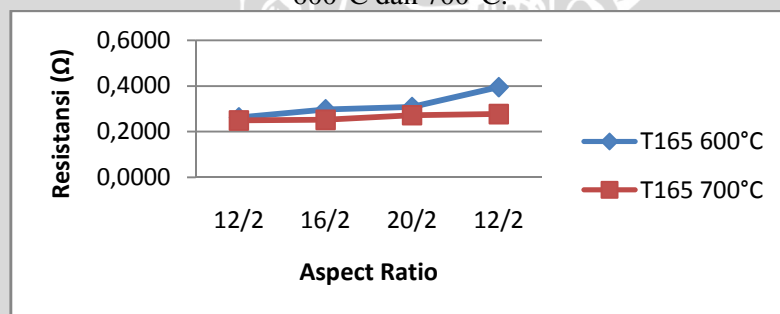
Gambar 9.9 Grafik Nilai Resistansi Konduktor dengan *Aspect Ratio* Semakin Besar pada Nilai L Berbeda dan W Sama. Proses Pembuatan Menggunakan *Screen T200* dengan Suhu *firing* 600°C dan 700°C



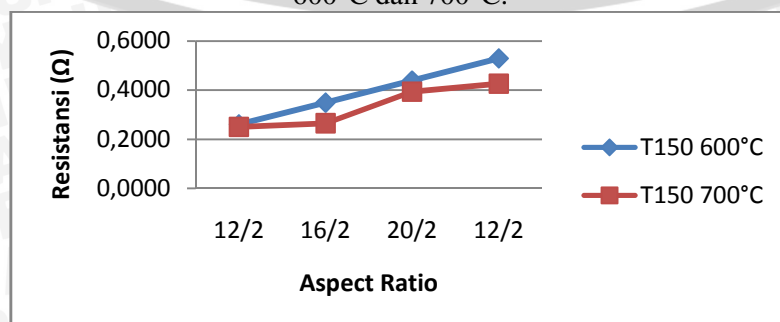
Gambar 9.10 Grafik Nilai Resistansi Konduktor dengan *Aspect Ratio* Semakin Besar pada Nilai L Berbeda dan W Sama. Proses Pembuatan Menggunakan *Screen T180* dengan Suhu *firing* 600°C dan 700°C.



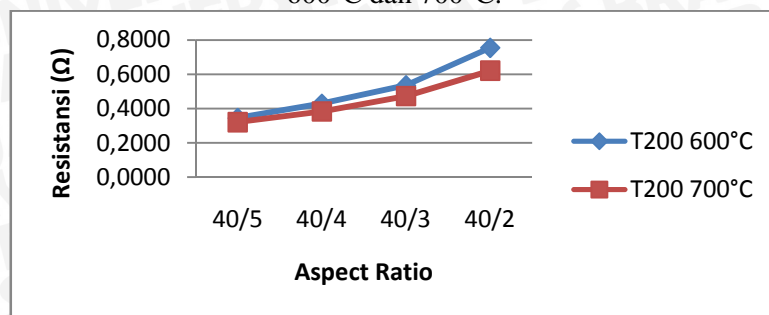
Gambar 9.11 Grafik Nilai Resistansi Konduktor dengan *Aspect Ratio* Semakin Besar pada Nilai L Berbeda dan W Sama. Proses Pembuatan Menggunakan *Screen T165* dengan Suhu *firing* 600°C dan 700°C.



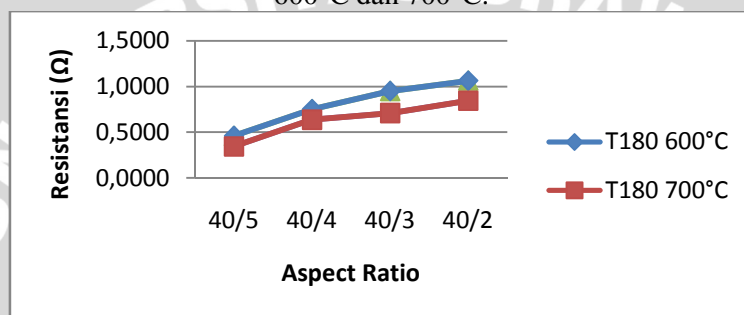
Gambar 9.12 Grafik Nilai Resistansi Konduktor dengan *Aspect Ratio* Semakin Besar pada Nilai L Berbeda dan W Sama. Proses Pembuatan Menggunakan *Screen T150* dengan Suhu *firing* 600°C dan 700°C.



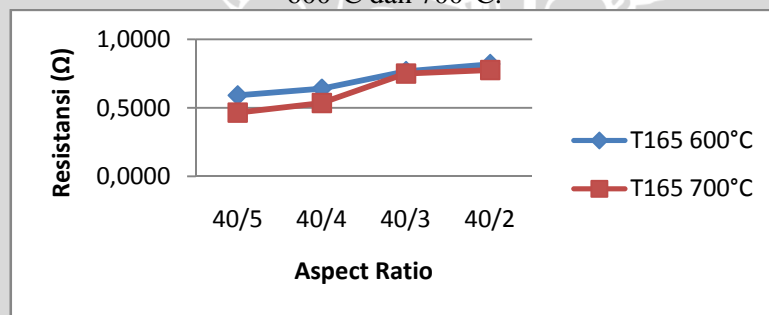
Gambar 9.13 Grafik Nilai Resistansi Konduktor dengan *Aspect Ratio* Semakin Besar pada Nilai L Sama dan W Berbeda. Proses Pembuatan Menggunakan *Screen T200* dengan Suhu *firing* 600°C dan 700°C.



Gambar 9.14 Grafik Nilai Resistansi Konduktor dengan *Aspect Ratio* Semakin Besar pada Nilai L Sama dan W Berbeda. Proses Pembuatan Menggunakan *Screen T180* dengan Suhu *firing* 600°C dan 700°C.



Gambar 9.15 Grafik Nilai Resistansi Konduktor dengan *Aspect Ratio* Semakin Besar pada Nilai L Sama dan W Berbeda. Proses Pembuatan Menggunakan *Screen T165* dengan Suhu *firing* 600°C dan 700°C.



Gambar 9.16 Grafik Nilai Resistansi Konduktor dengan *Aspect Ratio* Semakin Besar pada Nilai L Sama dan W Berbeda. Proses Pembuatan Menggunakan *Screen T150* dengan Suhu *firing* 600°C dan 700°C.

