

BAB IV

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Perancangan dan pembuatan yang dimaksudkan adalah cara dan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam perancangan dan proses pembuatan alat. Perancangan Resistor dilakukan dengan *software* Corel Draw yang disesuaikan dengan aturan perancangan resistor film tebal. Sedangkan langkah-langkah pembuatan alat terdiri dari beberapa proses yaitu proses pemindaian pola pada *screen*, proses *screen printing* dan proses pembentukan resistor yang terdiri dari proses pengendapan, proses pengeringan dan proses pembakaran.

4.1 Perancangan Resistor Film Tebal

Ukuran dimensi dari resistor dihitung dari sifat pasta yang akan digunakan, yang disebut *resistansi sheet*. Istilah ini memungkinkan transformasi dari proses tiga-dimensi menjadi satu yang dua dimensi atau planar. Asumsinya adalah bahwa proses *screen-printing* akan selalu mencetak ketebalan yang konstan (Haskard, 1988:5).

Jadi dimensi resistor yang ditunjukkan dalam Gambar 4.1, memiliki resistansi yang ditunjukkan dalam Persamaan (4.1) :

$$R = \rho \frac{l}{tw}$$

$$R = \frac{\rho l}{tw}$$

$$R = R_s \frac{L}{W} \quad (4.1)$$

Dimana untuk mendapatkan resistansi sheet (R_s) ditunjukkan dalam Persamaan (4.2):

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

Dengan :

R = Resistansi (Ω)

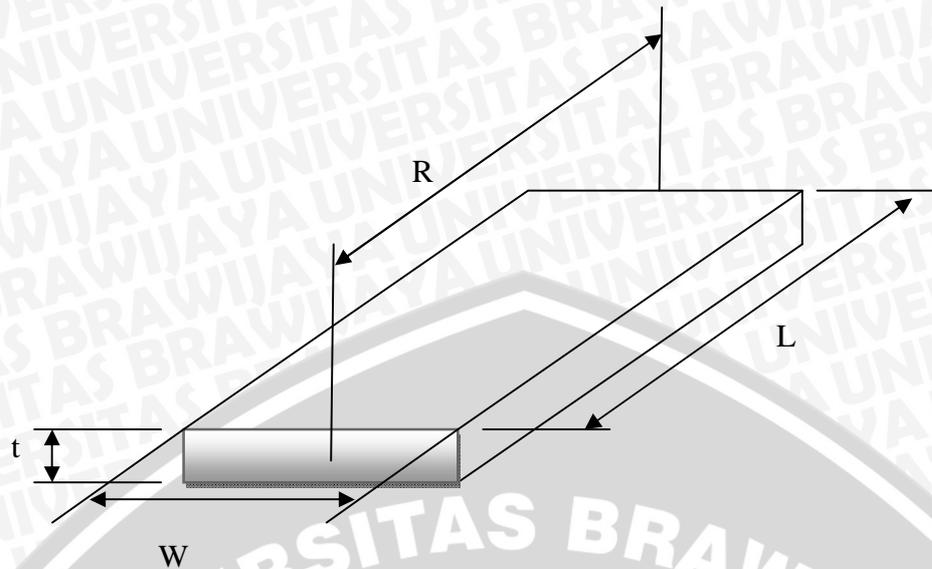
R_s = resistivitas lembar pasta ($\Omega \cdot \square^{-1}$)

ρ = Resistivitas bulk (Ωmm)

L = Panjang Resistor (cm)

W = lebar resistor (cm)

t = Ketebalan film yang konstan (mm)

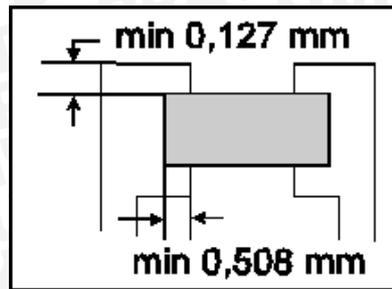


Gambar 4.1 Dimensi Resistor

Sumber : Haskard, 1988:5

4.1.1 Aturan Perancangan Resistor Persegi Panjang

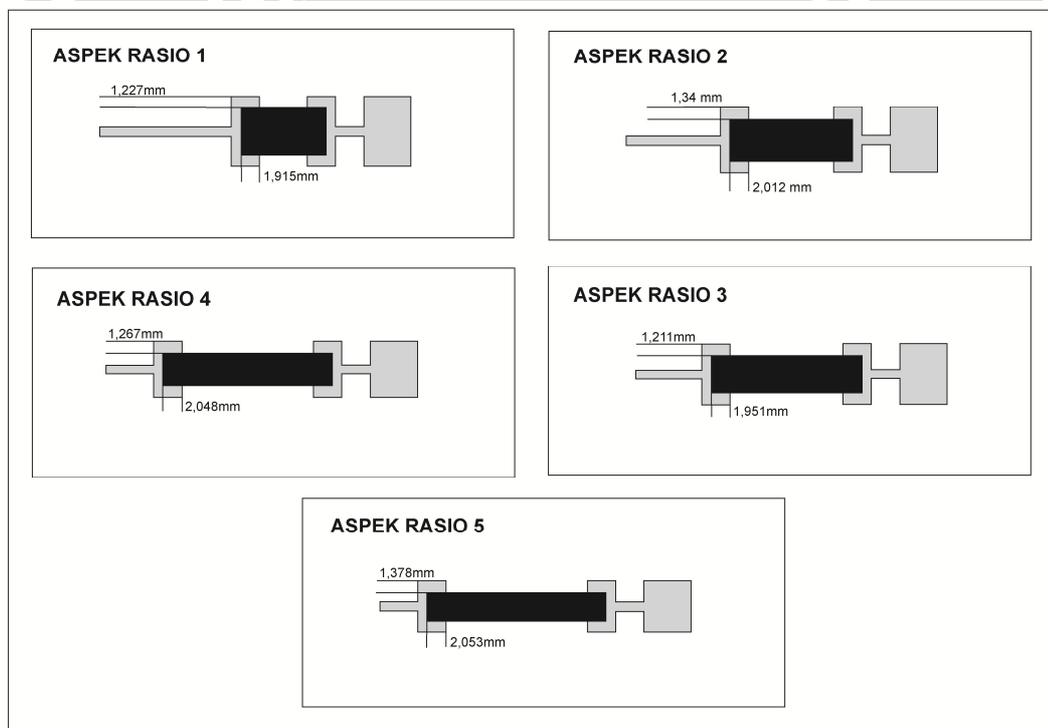
Perbedaan nilai resistor film tebal disebabkan oleh ukuran absolut resistor hasil proses *screen printing* seperti tidak rataanya substrat; anyaman *screen*, emulsi dan perbedaan tegangan; tekanan mesin *screening*; dan letak resistor di atas substrat. Pada umumnya variabel ini dapat dikurangi dengan merancang resistor sebesar mungkin. Ukuran maksimal resistor dibatasi oleh luasan substrat yang tersedia, karakteristik substrat dan harga bahan. Ukuran minimum resistor dibatasi oleh disipasi daya yang dibutuhkan dan kemampuan pembuatan. Ukuran minimum secara praktek adalah 0,508 mm kali 0,508 mm. Ukuran minimum yang dianjurkan adalah 0.762 mm kali 0.762 mm. Bentuk pola resistor dan konduktor mempunyai bagian *overlap* resistor (bagian lebih panjang resistor yang melapisi konduktor) minimum yang diperbolehkan sebesar 0,508 mm dan bagian underlap konduktor (bagian lebih konduktor pada setiap sisi resistor) minimum sebesar 0,127 mm yang ditunjukkan dalam Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pedoman Perancangan Dimensi Resistor Persegi Panjang

Sumber : Harper, 1974: 1-118

Pada perancangan ini digunakan lima aspek rasio yang berbeda – beda yang telah memenuhi pedoman perancangan dimensi resistor persegi panjang dan ditunjukkan dalam Gambar 4.3.



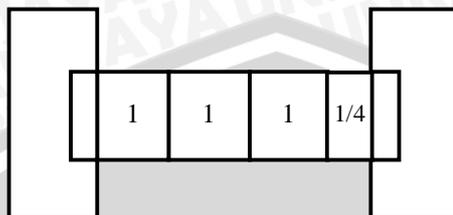
Gambar 4.3 Resistor dengan Aspek Rasio 1-5 yang Memenuhi Pedoman Perancangan Resistor Persegi Panjang

4.2 Aspect Ratio

Bentuk resistor teknologi hibrida film tebal dapat berbentuk empat persegi panjang atau bentuk topi (*hat-shaped*). Bentuk lengkung, zig-zag atau bentuk yang tidak umum tidak digunakan, karena sukar dalam pembuatan pola *screen* dan pengukuran nilai. Panjang L dibagi lebar W menghasilkan jumlah luasan resistor. Perbandingan

panjang dan lebar resistor didefinisikan sebagai aspek rasio (*aspect ratio*). Nilai *aspect ratio* sama dengan jumlah luasan resistor.

Besar perbandingan panjang dan lebar yang digunakan (*aspect ratio*) yang akan dibuat sebesar 5/1, 4/1, 3/1, 2/1 dan 1/1. *Aspect ratio* ditunjukkan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Jumlah Luasan Resistor Empat Persegi

Sumber : Dorf, 1993:6

4.3 Perancangan Resistor pada Substrat

Faktor yang menentukan nilai resistansi resistor film tebal yaitu resistivitas lembaran (R_s) dan *aspect ratio* (L/W). Sehingga untuk memproses resistor film tebal dengan diketahuinya nilai R_s , maka perlu untuk menentukan nilai *aspect ratio* yang berhubungan dengan dimensi resistor. Dengan ketebalan lapisan pasta resistor film tebal yang umum sebesar 0,0254mm.

Untuk mempermudah dalam proses pengujian, pola yang akan dibuat yaitu pola rangkaian resistor dengan satu saluran konduktor yang dihubungkan ke setiap salah satu ujung terminal resistor.

Untuk mengetahui nilai resistansi resistor pada substrat dengan R_s yang berbeda – beda ditunjukkan dalam Tabel 4.1 dan 4.2.

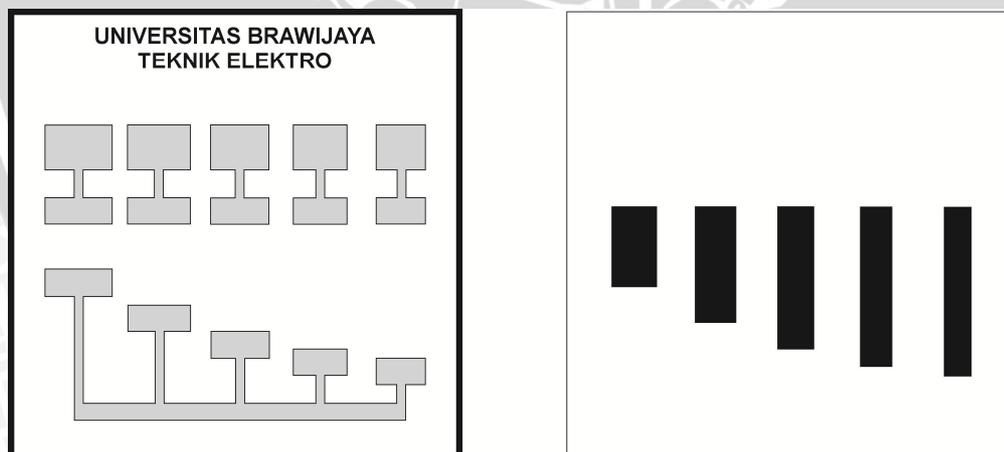
Tabel 4.1 Nilai Resistor dengan $R_s = 10,37\Omega/\square$

No.	Aspect Ratio	Dimensi $L(mm)$	Dimensi $W(mm)$	Nilai resistansi rancangan (Ω)
1.	1/1	5	5	10,37
2.	2/1	9	4,5	20.74
3.	3/1	12	4	31.11
4.	4/1	14	3,5	41.48
5.	5/1	15	3	51.85

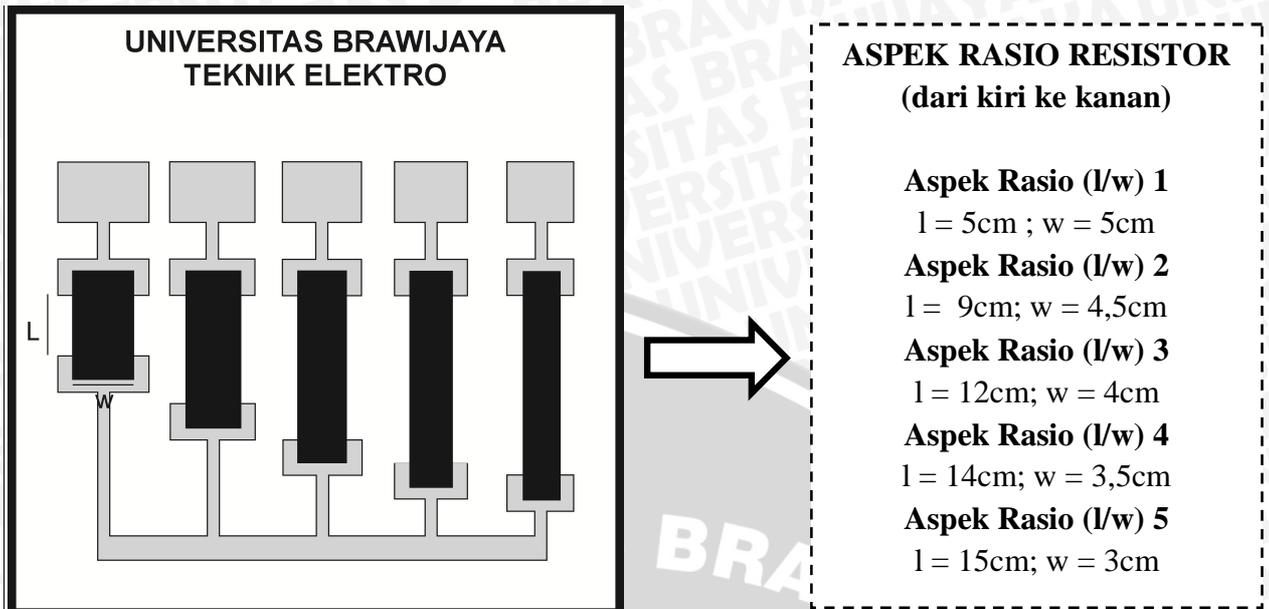
Tabel 4.2 Nilai Resistor dengan $R_s = 1.023K\Omega/\square$

No.	Aspect Ratio	Dimensi		Nilai resistansi rancangan (Ω)
		$L(mm)$	$W(mm)$	
1.	1/1	5	5	1023
2.	2/1	9	4,5	2046
3.	3/1	12	4	3069
4.	4/1	14	3,5	4092
5.	5/1	15	3	5115

Bentuk rancangan resistor film tebal akan dibuat pada setiap keping substrat dengan ukuran kerapatan *screen* T120, T150, T165, T185 dan T200 dan dengan menggunakan dua pasta resistor berbahan *cermet* dengan nilai R_s yang berbeda - beda . Bentuk rancangan tata letak konduktor dan resistor ditunjukkan dalam Gambar 4.5. Tata letak aspek rasio resistor yang terhubung oleh *pad* konduktor ditunjukkan dalam Gambar 4.6.



Gambar 4.5 Bentuk rancangan tata letak konduktor dan resistor film tebal



Gambar 4.6 Tata Letak Aspek Rasio Resistor yang Terhubung Oleh Konduktor

4.4 Proses Pembuatan Pola

Proses pembuatan pola resistor dan konduktor diawali dengan membuat desain tata letak pola dengan software Corel Draw X3. Kemudian pola dicetak pada kertas dengan menggunakan printer. Dalam proses pemindaian pola pada substrat kualitas gambar sangat mempengaruhi. Apabila pada gambar yang tercetak samar (gambar tidak terlihat hitam sepenuhnya) maka pada saat proses pencetakan desain pola akan mudah rusak. Jika cetakan pola gambar hasil printer terlihat hitam jelas (tidak terlihat samar) dan sesuai dengan ukuran yang diinginkan maka gambar kemudian dilapisi dengan minyak untuk mempermudah dalam proses pemindaian pola.

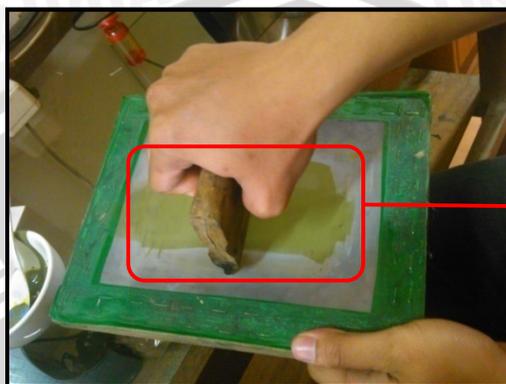
4.5 Proses pemindaian Pola pada *Screen*

Screen merupakan tempat pembentukan pola yang akan dicetak dan menentukan ketebalan pasta yang dilekatkan dan pada penelitian ini digunakan *screen* berbahan nylon. Dan *screen* yang digunakan berukuran T120, T150, T165, T180, T200. Semakin besar ukuran T maka semakin tinggi kerapatan *screen*. Pada proses pemindaian pola pada *screen*, langkah – langkah yang dilakukan sebagai berikut :

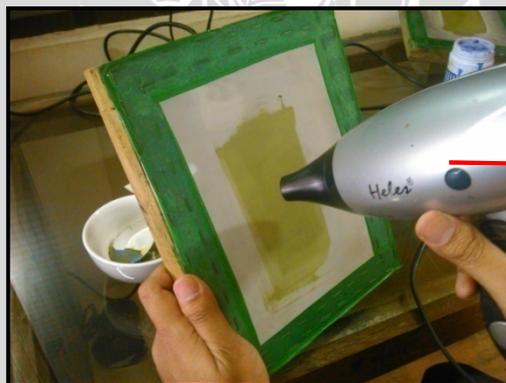
4.5.1 Pelapisan emulsi pada *screen*

Screen dibersihkan terlebih dahulu dengan menggunakan air sebelum proses ini dilakukan agar *screen* bersih dari debu dan cetakan pasta yang menempel pada *screen*.

Pada proses ini *screen* dilapisi dengan emulsi melalui cara pengecatan dengan menggunakan penyaput ke kedua sisinya dengan gerakan satu arah dari atas ke bawah. Kemudian *screen* dikeringkan pada ruangan gelap dengan menggunakan hair dryer yang berfungsi agar cetakan tidak terbentuk saat digunakan. Proses pelapisan emulsi dan pengeringan emulsi ditunjukkan dalam Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.



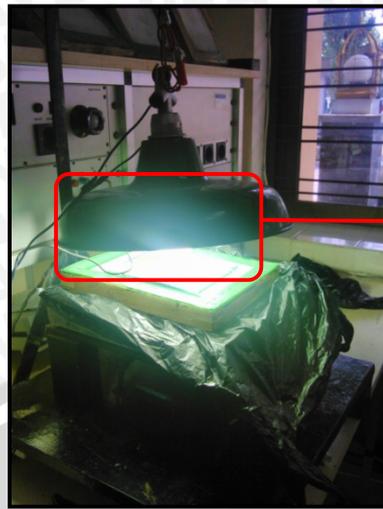
Gambar 4.7 Proses Pelapisan Emulsi



Gambar 4.8 Proses Pengeringan Lapisan Emulsi

4.5.2 Proses Pemindaian Pola

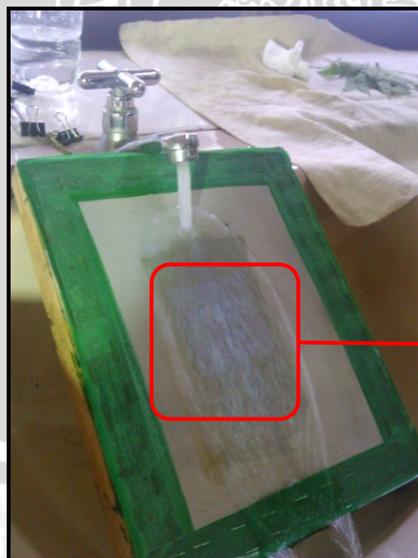
Pada *screen* yang telah dikeringkan, gambar desain pola diletakkan di atas *screen* bagian luar dan diletakkan dengan posisi gambar menghadap *screen*. Kemudian di atas gambar diletakkan kaca yang berfungsi memberi tekanan pada gambar terhadap *screen* supaya gambar pada *screen* tidak bergeser. Selanjutnya *screen* disinari dengan cahaya matahari selama 15 detik atau menggunakan lampu UV selama 40 detik dengan jarak lampu terhadap *screen* sebesar 5cm. Proses penyinaran ditunjukkan dalam Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Proses Penyinaran

4.5.3 Pencetakan Pola pada *Screen*

Setelah proses penyinaran, *screen* kemudian dialiri air ke seluruh permukaan pola yang tercetak pada *screen* secara merata hingga tercipta bayangan gambar berlubang (pola konduktor/resistor) yang terlihat transparan. Setelah tercetak gambar pola pada *screen*, *screen* kemudian dikeringkan kembali. Proses pencetakan pola pada *screen* ditunjukkan dalam Gambar 4.10. Hasil pencetakan pola pada *screen* ditunjukkan dalam Gambar 4.11.



Gambar 4.10 Proses Pencetakan Pola



Gambar 4.11 Hasil Proses Pencetakan Pola

4.6 Proses *Screen Printing*

Sebelum proses ini dilakukan, Substrat dibersihkan terlebih dahulu dengan menggunakan alkohol yang digosokkan menggunakan kain atau tisu pada permukaan substrat agar tidak ada kotoran yang menempel pada substrat. Proses *screen printing* merupakan proses kunci pada teknologi film tebal, yaitu dengan meletakkan pasta dengan jumlah tertentu pada tempat yang tepat pada substrat. Kemudian metode *snap-off* digunakan dalam proses *screen printing* tersebut. Penyaputan dilakukan dengan menggunakan rakel hingga rata dan membentuk sudut 45° sampai 65° terhadap permukaan *screen*. Proses *screen printing* ditunjukkan dalam Gambar 4.12 dan hasil dari proses *screen printing* ditunjukkan dalam Gambar 4.13.



Gambar 4.12 Proses *Screen Printing*



Gambar 4.13 Hasil Proses *Screen Printing*

4.7 Proses Pembentukan Resistor

Setelah proses *screen printing*, substrat akan melalui proses pembentukan resistor. Proses pembentukan resistor terdiri dari beberapa tahap – tahap, yaitu proses pengendapan, pengeringan (*drying*), pembakaran (*firing*) dan pendinginan (*cooling*). Langkah – langkahnya sebagai berikut :

4.7.1 Proses Pengendapan

Proses ini berfungsi agar cetakan pasta benar – benar mengendap sehingga jalur-jalur bekas *screen* menghilang. Proses ini dilakukan dengan meletakkan substrat yang baru saja melalui proses *screen printing* pada suhu ruangan selama 10 sampai 15 menit. (Harper, Charles A. 1975:5-33).

4.7.2 Proses Pengeringan (*Drying*)

Setelah melalui proses pengendapan maka tahap selanjutnya adalah proses pengeringan (*drying*) yang dilakukan dengan cara meletakkan substrat ke dalam oven dengan suhu 150 °C dengan jangka waktu 15 menit, (Harper, Charles A. 1975:5-34). Proses pengeringan (*drying*) ditunjukkan dalam Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Proses Pengeringan (*drying*)

4.7.3 Proses Pembakaran (*Firing*)

Proses ini dilakukan dengan meletakkan substrat yang telah melewati proses pengendapan dan pengeringan ke dalam *furnace* dengan suhu antara 700°C sampai 1000°C selama 7 menit kemudian substrat dibiarkan pada suhu ruangan selama 7 menit. (Harper, Charles A. 1975:5-8). Proses pembakaran ditunjukkan dalam Gambar 4.15 .



Gambar 4.15 Proses pembakaran (*firing*)

4.8 Proses Pembuatan Resistor Film Tebal Secara Keseluruhan

Desain resistor dibuat dengan menggunakan software, software yang digunakan pada penelitian ini adalah Corel Draw X3. Desain harus memenuhi aturan perancangan resistor film tebal. Proses selanjutnya adalah proses pemindaian pola pada *screen*. Langkah pertama adalah mempersiapkan alat – alat pendukung dan bahan yang akan digunakan dan *screen* yang digunakan dibersihkan terlebih dahulu agar terbebas dari debu dan cetakan sebelumnya yang dapat mengganggu proses ini dan kemudian dikeringkan.

Langkah selanjutnya adalah mencampurkan larutan *solvent* dan *sensitizer* sebagai lapisan emulsi yang disapukan kedua sisi *screen* yang kemudian dikeringkan di

ruangan gelap. Selanjutnya pola konduktor/resistor diletakkan di atas *screen* (dengan pola menghadap ke *screen*) dan di atasnya diberi kaca yang digunakan untuk menyangga pola. Dibawah *screen* diberi kain hitam yang berfungsi untuk meredam cahaya dari lampu. Kemudian *screen* disinari dengan lampu UV (ultraviolet) dengan jarak 5cm selama 40 detik. Setelah proses penyinaran, pola akan terlihat samar pada *screen*. *Screen* kemudian dibilas dengan air hingga tercetak pola pada *screen*. Selanjutnya *screen* dikeringkan dan *screen* siap digunakan untuk mencetak konduktor/resistor.

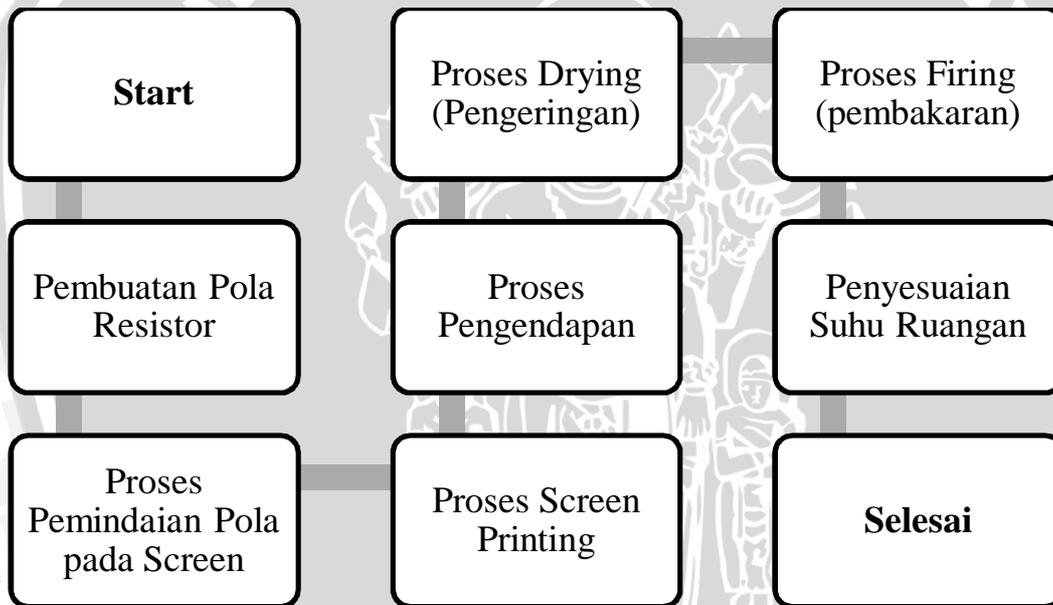
Proses selanjutnya adalah proses pencetakan (*screen printing*). Metode *screen printing* yang digunakan adalah metode snap-off.. Kemudian pasta yang akan digunakan (konduktor/resistor) dituangkan secukupnya pada pola pada *screen* bagian dalam (Sisi sebaliknya) dan diratakan menggunakan rakel sebanyak maks. 3 kali (apabila lebih terdapat kemungkinan hasil cetakan yang kurang bagus). Apabila hasil cetakan pada substrat tidak sesuai maka substrat dan *screen* dibersihkan dengan menggunakan larutan M3 kembali pada proses *screen printing*. Apabila telah sesuai maka lanjut pada proses pengendapan. Pasta yang telah tercetak pada substrat dibiarkan mengendap pada suhu ruangan selama 15 menit. Selanjutnya substrat melalui proses drying (pengeringan). Substrat diletakkan ke dalam oven dan dipanaskan dengan suhu 150°C selama 15 menit. Kemudian substrat melalui proses firing (pembakaran). Substrat diletakkan di dalam furnace dan dipanaskan dalam range suhu 700° - 800°C selama 7 menit. Selanjutnya substrat didiamkan pada suhu ruangan selama 5 menit. Maka proses pembuatan resistor film tebal dianggap selesai.

Pada penelitian ini digunakan *screen* dengan kerapatan yang bermacam – macam untuk mengetahui pengaruh kerapatan *screen* dengan nilai TCR dan VCR resistor berteknologi film tebal. Pasta resistor yang berbeda juga digunakan untuk mengetahui pengaruh kerapatan *screen* terhadap nilai TCR VCR pada pasta resistor yang digunakan. Ukuran sreen yang digunakan yaitu T120, T150, T165, T180 dan T200. Resistor hasil proses film tebal dengan kerapatan *screen* T120 sampai T200 ditunjukkan dalam Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Resistor hasil proses film tebal

Keseluruhan proses pembuatan resistor film tebal pada substrat ditunjukkan dalam Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Proses Keseluruhan Pembuatan Resistor