BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode eksperimen. Pembuatan sensor konduktivitas menggunakan teknologi film tebal dengan metode *screen printing*. Sensor konduktivitas dibuat dengan basis substrat alumina 96%. Sedangkan desain sensor dibuat menggunakan perangkat lunak *CorelDraw X6*. Sensor temperatur yang telah terstandar dan terbuat dari campuran ruthenium *based* dan *polyethylene glycol* (PEG) diintegrasikan dengan sensor konduktivitas. Elektroda sensor konduktivitas dibuat dari AgPd (Palladium Perak). Selanjutnya sensor konduktivitas diuji pada larutan KCl yang telah diketahui nilai konduktivitasnya menggunakan sensor konduktivitas konvensional (Atlas Scientific K 0.1) pada rentang sekitar 100-7000 μS/cm dengan mengukur arus dan tegangan sensor. Pengujian menggunakan sumber tegangan *square wave* dari *Function Generator* GFG-3015 GW INSTEK serta pengukuran arus dan tegangan menggunakan Multimeter Sanwa CD771 dan CD772.

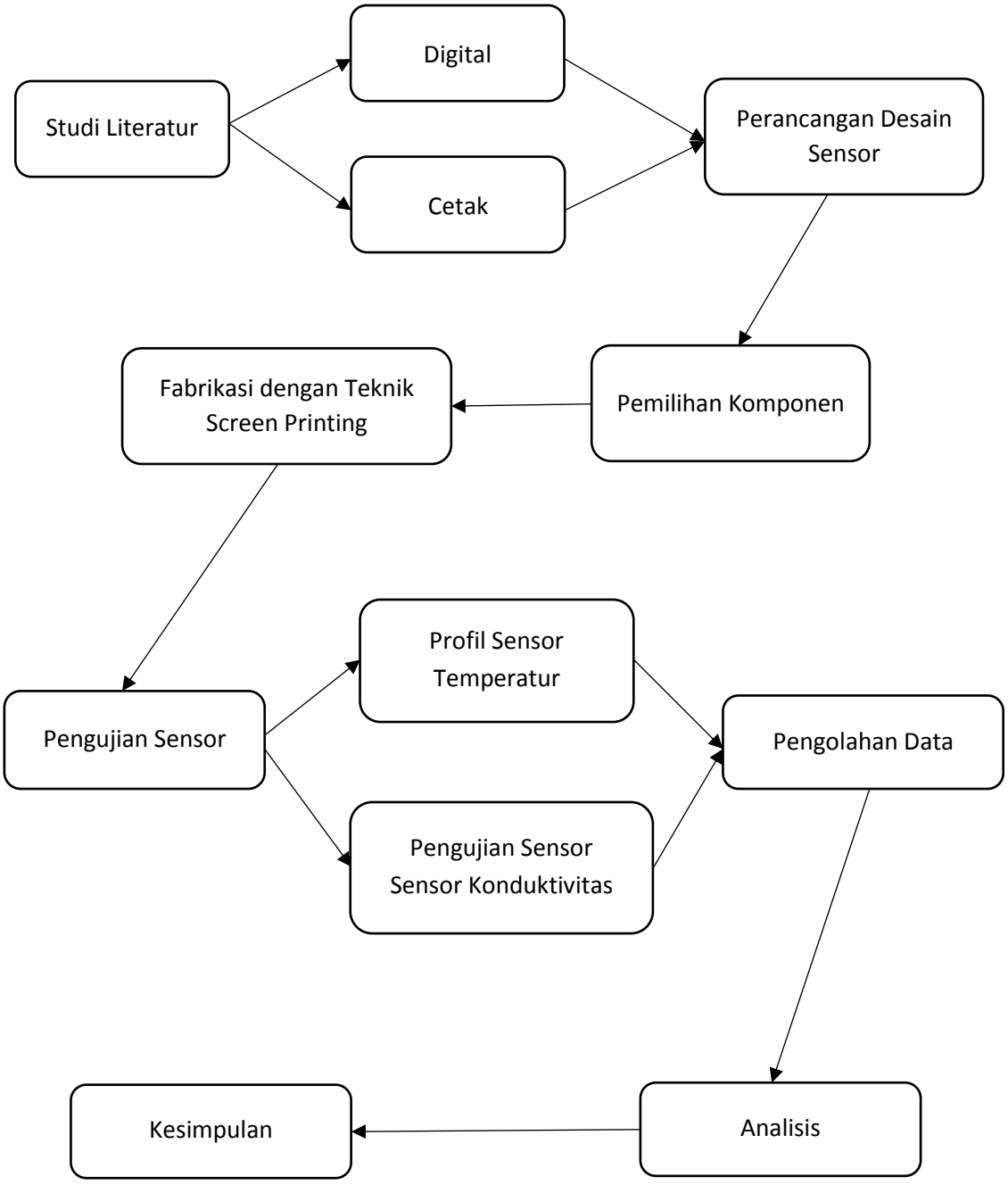
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu Pelaksanaan	:	Maret-September 2015
Tempat Pelaksanaan	:	Laboratorium R. 407 dan R.405 Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (PPET-LIPI)
Alamat	:	Komplek LIPI Jl. Sangkuriang Gd. 20 – Bandung 40135 telp. 022-2505660, 2504661 Fax. 022-2504659

Beni Rama, 2015
FABRIKASI DAN KARAKTERISASI SENSOR KONDUKTIVITAS BERBASIS TEKNOLOGI FILM TEBAL UNTUK ANALISIS KUALITAS AIR
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

3.3 Desain Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis melakukan alur penelitian yang dimulai dari studi literatur hingga analisis data yang didapat dari proses karakterisasi. Alur penelitian yang dilakukan dapat dilihat dalam diagram pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram alur penelitian.

3.4 Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian secara keseluruhan dalam penelitian ini terdiri dari studi literatur, perancangan, pembuatan dan pengujian sensor konduktivitas dan temperatur.

3.4.1 Studi Literatur

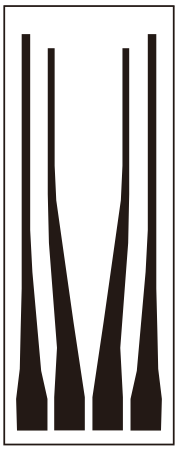
Dalam tahap ini, penulis mengumpulkan sumber-sumber seperti buku, jurnal, *proceeding* ataupun publikasi dalam bentuk cetak maupun digital yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Sumber-sumber yang dikumpulkan dijadikan pedoman dalam melakukan penelitian seperti perancangan, pembuatan maupun dalam pengujian sensor yang dibuat.

3.4.2 Perancangan Sensor

Perancangan sensor meliputi penentuan *layout* serta pemilihan bahan-bahan sensor yang berpedoman pada sumber-sumber yang telah didapatkan. Sensor konduktivitas ditempatkan pada salah satu sisi sedangkan sensor temperatur ditempatkan pada sisi lainnya. Sensor konduktivitas dan temperatur dibuat dengan dimensi 1x2,5 cm. Dengan menggunakan substrat Alumina 96% yang berdimensi 5x5 cm. Sehingga dalam satu substrat Alumina akan terdapat 10 sensor. Berikut ialah bagian-bagian sensor yang dibuat :

1. Elektroda Sensor Konduktivitas

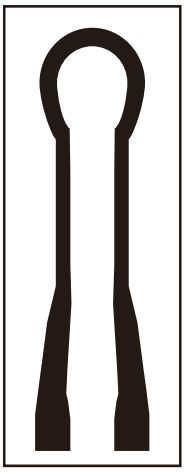
   Jumlah elektoda yang dipilih ialah empat buah karena keuntungan yang telah dijelaskan pada BAB II. Empat elektroda tersebut terdiri dari dua elektroda sebagai *current electrode* yang berfungsi mengalirkan arus dan dua elektroda sebagai *measuring electrode* yang berfungsi sebagai elektroda untuk mendeteksi tegangan pada larutan yang akan diuji. Elektroda ini sendiri terbuat dari bahan AgPd (pasta produksi dari Shoei Chemical Inc.) yang merupakan suatu konduktor yang cukup baik. Untuk penentuan konstanta sel sensor konduktivitas, dipilih konstanta sel sebesar 50 cm^{-1}. Dengan lebar sel *measuring electrode* sebesar 2 mm serta panjang 4 mm. Kemudian jarak antar elekroda dibuat sekitar 0,4 cm. Desain elektroda sensor konduktivitas dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Jalur elektroda AgPd sensor konduktivitas.

2. Elektroda Sensor Temperatur

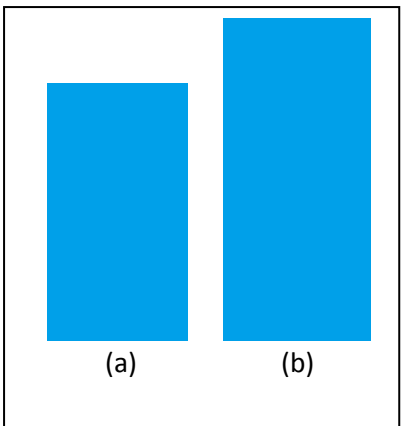
Elektroda sensor temperatur dibuat dari bahan campuran Ruthenium *based* (pasta produksi Electro Science Laboratorium No. 3911) dengan PEG (Polyethilene Glycol) 4000. Sensor temperatur yang dibuat merupakan jenis *Resistance Temperature Detector* (RTD) dimana nilai resistansi dari elektroda akan berubah sesuai perubahan suhu. Lebar jalur elektroda sekitar 1 mm dengan panjang jalur sekitar 5 cm. Desain elektroda sensor temperatur dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Jalur elektroda sensor temperatur.

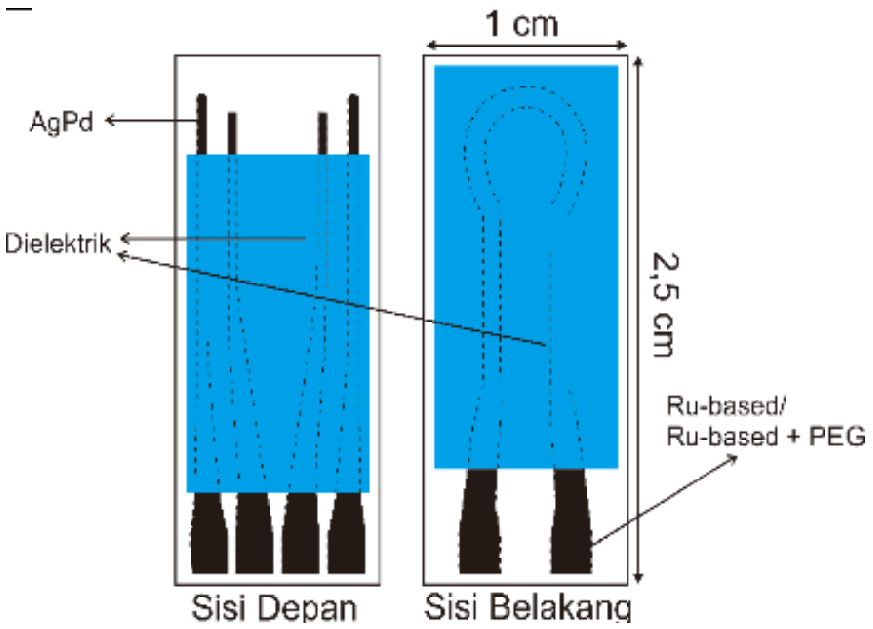
3. Dielektrik

Dielektrik bertujuan untuk menutup jalur elektroda agar terlindung dari larutan uji serta mendapatkan konstanta sel yang diinginkan dengan tertutupnya sebagian jalur elektroda. Terdapat dua dielektrik yang digunakan yaitu pada sensor konduktivitas dan sensor temperatur. Dielektrik yang dipakai merupakan produk dari Dupont Thick Film Dielektrik Composition 9507. Dielektrik pada sensor konduktivitas berdimensi 0,9x1,6 cm. Sedangkan pada sensor temperatur, dielektrik yang dilapisi berdimensi 0,9x1,9 cm. Desain dielektrik dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Bentuk dielektrik sensor konduktivitas berdimensi 0,9x1,6 cm (a). Bentuk dielektrik sensor temperatur berdimensi 0,9x1,9 cm (b).

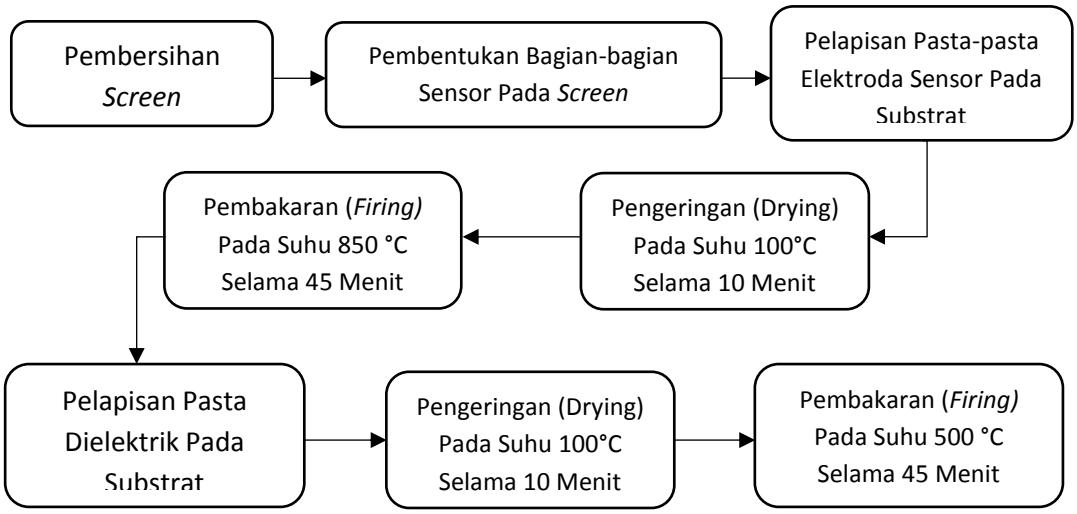
Secara keseluruhan, bentuk sensor yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 3.5. Sensor konduktivitas ditempatkan pada satu sisi sedangkan sensor temperatur ditempatkan di sisi yang lainnya.



Gambar 3.5. Desain sensor yang dibuat. Kiri untuk sensor konduktivitas dan kanan untuk sensor temperatur.

3.4.3 Proses Pembuatan

Pembuatan sensor menggunakan teknik *screen printing*. Dengan menggunakan substrat Alumina 96%, setiap bahan yang dibutuhkan dicetak/dilapisi sesuai dengan bentuk yang sudah didesain. Desain dari setiap bagian sensor terlebih dahulu dibuat menjadi bentuk film yang akan dicetak nantinya. Alur pembuatan sensor ini dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6. Alur Pembuatan Sensor.

1. Pembersihan *Screen*

   Screen yang digunakan ialah *screen* mesh 325. Pembersihan scrren berguna untuk menghilangkan kotoran-kotoran atau sisa pemakaian *screen* sebelumnya. Alat dan bahan yang digunakan dalam pembersihan *screen* ini ialah kuas, Ulano 5, *pressure sprayer* (Penyemprot air), *dryer* dan air yang dapat dilihat pada Gambar 3.5. Berikut adalah langkah-langkah dalam pembersihan *screen* :

   (a) Membasahi layar *screen* dengan air secukupnya.
   (b) Mengolesi layar *screen* dengan Ulano 5 (*Stensil Remover Paste*) secukupnya pada kedua sisi layar dengan kuas. Tunggu beberapa saat hingga Ulano 5 bereaksi.
   (c) Menggosok layar dengan kuas sehingga kotoran atau bekas-bekas pemakaian sebelumnya terkelupas/hilang. Bila perlu gunakan *pressure sprayer* agar layar *screen* lebih bersih.
   (d) Mengeringkan *screen* dengan menggunakan *dryer*.

2. Pembentukan Pola Pada *Screen*

   Bagian-bagian sensor terlebih dahulu dibuat film yang nantinya akan digunakan dalam pembentukan pola pada *screen*. Gambar 3.7 menunjukkan film dari setiap bagian sensor. Kiri atas merupakan pola untuk lapisan campuran Ru-*based* dengan PEG. Kanan atas merupakan dielektrik sensor temperatur. Kiri bawah merupakan lapisan AgPd sebagai lapisan aktif sensor konduktivitas. Yang terakhir film pada kanan bawah merupakan pola untuk lapisan dielektrik sensor konduktivitas.

Gambar 3.7. Film bagian-bagian sensor yang akan dibuat.

Alat dan bahan yang diperlukan untuk membuat pola sensor pada *screen* ialah :

(a) Screen Maker 300 TT Richmond
(b) Selotip
(c) Sendok pengaduk
(d) *Preesure Sprayer*
(e) Kain pembersih
(f) *Dryer*
(g) Film bagian-bagian sensor
(h) Ulano 133
(i) Ulano 133 sensitizer
(j) Ulano line
(k) Kaca

Dalam pembuatan pola sensor *screen* dilakukan pada tempat yang minim cahaya karena bahan-bahan yang digunakan sensitif terhadap sahaya. Berikut adalah langkah-langkah dalam membuat pola pada *screen* :

(a) Menggunting satu lembar ulano line menjadi enam bagian.
(b) Menempelkan satu bagian ulano line pada bagian tengah layar *screen* dengan selotip. Sisi layar yang ditempeli merupakan sisi luar layar

screen. sisi ulano line yang menghadap ke luar ialah sisi yang lebih cerah/putih.

(c) Membuat campuran Ulano 133 dengan sensitizer yang akan dijadikan sebagai resis dengan perbandingan sekitar 5:1.

(d) Mengolesi campuran ulano 133 dengan sensitizer pada *screen* secukupnya. Dengan cara menelungkupkan *screen* pada kaca yang dijadikan sebagai alas sambil ditekan. Kemudian tuangkan campuran yang dibuat dan ratakan menggunakan rakel. Prioritaskan pada bagian yang sisi sebelahnya telah tertempel ulano line.

(e) Mengangkat *screen* yang telah diolesi dari kaca.

(f) Membersihkan kaca dengan kain dari campulan ulano line dan sensitizer.

(g) Mengeringkan bagian yang telah diolesi campuran ulano line denga sensitizer dengan dryer.

(h) Melepaskan bagian plastik ulano line yang telah ditempelkan pada *screen*.

(i) Menempelkan film dari pola yang telah dibuat pada bagian tengan ulano line yang telah tertempel. Sisi film yang menghadap ke atas ialah sisi yang terdapat pola bagian sensor.

(j) Memasukkan *screen* pada alat *Screen* Maker 3000 TT Richmond dengan posisi ditelungkupkan.

(k) Menutup as*creen* maker serta memvakumkan ruangan yang didalamnya terdapat *screen* dengan memutar sekrup pada *screen* maker.

(l) Mengatur *light unit screen maker* pada 15 di channnel 1.

(m) Menghidupkan *screen* maker. Tung-gu hingga proses selesai.

(n) Mengeluarkan *screen* dari *screen* maker dengan ruang dalam alat tidak divakumkan terlebih dahulu.

(o) Melepaskan film yang menempel pada *screen*. Mulai tahap ini dan seterusnya dapat dilakukan dalam tempat yang terang.

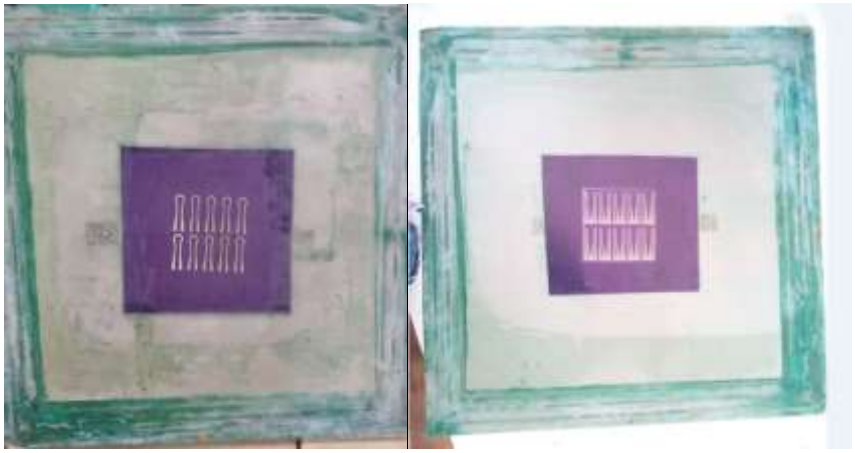
(p) Semprotkan layar *screen* dengan air menggunakan *pressure sprayer* hingga pola film yang dibentuk terlihat jelas.

(q) Mengeringkan *screen* dengan dryer.

(r) Melapisi *screen* dengan resist (campuran ulano 133 dengan sensitizer) Hingga setiap bagian layar *screen* tertutup kecuali pola sensor yang dibuat.

(s) Mengeringkan resit yang dilapisi pada *screen* dengan dryer.

Gambar 3.8 menunjukkan *screen* yang telah tercetak pola sensor yang akan dicetak pada substrat. Kiri untuk elektroda sensor temperatur dan kanan untuk elektroda sensor konduktivitas



Gambar 3.8. *Screen* yang telah tercetak pola bagian sensor.

3. Pembentukan Elektroda dan Dielektrik Pada Subsrat

Setelah pola bagian-bagian sensor pada *screen* telah dibuat, tahap selanjutnya ialah pelapisan pasta pada substrat Alumina (Al_2O_3) 96%. Pencetakan pasta ini menggunakan teknik *screen* printing. Alat dan bahan dalam proses pencetakan ini ialah set alat *screen printer de Haast*, pasta AgPd, pasta dielektrik, pasta ruthenium *based* (Ru-*based*) serta *polyethilene glycol* (PEG) 4000. Pasta-pasta yang digunakan dapat ditunjukkan oleh Gambar 3.9.

Gambar 3.9. Keempat bahan yang digunakan sebagai bahan sensor yang dibuat. Dari kiri atas ke kanan bawah berturut-turut ialah AgPd, pasta dielektrik, PEG 4000 dan Pasta Ru-*based*.

Sebelum pencetakan pasta pada substrat, dibuat terlebih dahulu campuran Ru-*based* dengan PEG 4000. 8 gr PEG dicampur dengan 5 ml air menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 65°C selama kurang lebih 15 menit. Kemudian 5 ml dari campuran tersebut ditambahkan ke 20 gr pasta Ru-*based* dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Jadi terdapat dua jenis sensor temperatur yang dibuat yaitu dengan pasta Ru-*based* dan dengan pasta campuran Ru-*based* dengan PEG.

Berikut adalah tahapan dalam pencetakan pasta pada substat :

(a) Memasang *screen* yang terdapat pola yang akan dicetak pada alat *screen* printer.

(b) Meletakkan substrat yang akan dicetak pada alat *screen* printer. Aktifkan penghisap pada tempat substrat agar substrat tidak mudah bergerak.

(c) Mencocokkan pola *screen* dengan substrat sehingga tidak terjadi kesalahan penempatan saat memulai pencetakan.

(d) Mengolesi pasta dalam *screen* yang telah dipasang secukupnya.

(e) Memulai pelapisan dengan menghidupkan *screen* printer.

(f) Melepaskan substrat dari alat acreen printer dengan melemahkan penghisap terlebih dahulu.

(g) Mengambil/membersihkan sisa-sisa pasta yang ada pada rakel *screen* printer serta pada *screen* dan simpan kembali untuk pemakaian selanjutnya jika diperlukan.

(h) Membersihkan *screen* dengan thinner untuk menghilangkan sisa pasta yang menempel pada *screen*.

Pencetakan pasta diatas dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

(a) Pencetakan pasta AgPd sebagai lapisan sensor konduktivitas.

(b) Pencetakan pasta Ru-*based* sebagi lapisan temperatur. (Dilanjutkan dengan *firing* substrat terlebih dahulu).

(c) Pencetakan pasta dielektrik sensor konduktivitas.

(d) Pencetakan pasta dielektrik sensor temperatur.

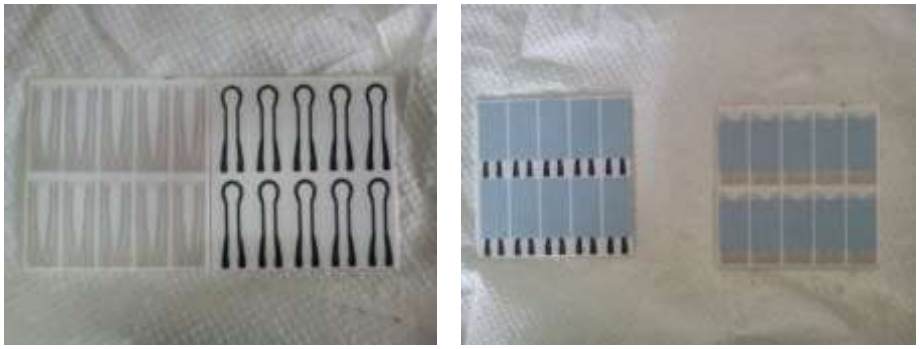
Kemudian proses selanjutnya setelah pencetakan ialah proses pengeringan (*drying)*. Setelah pencetakan pada setiap lapisan, selalu dilakukan proses pengeringan (*drying*). Substrat yang telah dilapisi pasta langsung dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 150 °C selama 15 menit yang dapat dilihat pada Gambar 3.10. Pengeringan ini bertujuan agar lapisan yang telah dicetak pada substrat menjadi kering dan tidak mudah terkelupas.

Gambar 3.10. Oven yang digunakan dalam proses *drying*.

Selanjutnya setelah proses *drying*, dilakukan proses pembakaran (*firing*). Pembakaran tersebut dilakukan pada suhu puncak 800 °C dengan menggunakan mesin *Firing* RTC (Radiant Technology Corporation) kurang lebih selama 45 menit. Pembakaran kedua ialah setelah dielektrik sensor konduktivitas maupun sensor temperatur selesai dicetak. Pembakaran tersebut dilakukan pada suhu puncak 500 °C dengan menggunakan mesin *Firing RTC*. Proses pembakaran ini berfungsi untuk mengembangkan serta merekatkan pasta pada substrat. Gambar 3.11 menunjukkan proses pembakaran (*firing*) menggunakan mesin *Firing* RTC.

Gambar 3.11. Proses firing dengan menggunakan mesin *Firing* RTC.

Gambar 3.13 menunjukkan substrat yang telah dicetak. Bagian kiri menunjukkan substrat setelah dicetak pasta AgPd dan Ru-*based* serta cammpurannya dengan PEG dan kanan setelah dilapisi dielektrik.



Gambar 3.13. Substrat yang telah dicetak elektroda masing-masing sensor.

Kemudian dilakukan pemotongan substrat untuk memisah-misahkan sel-sel sensor sehingga selanjutnya dapat diuji lebih lanjut. Dimana terdapat 20 sel sensor dari dua substrat yang digunakan. Pemotongan menggunakan alat pemotong khusus dengan mata pisaunya yang terbuat dari intan. Proses pemeotongan substrat dapat dilihat pada Gambar 3.14. Hasil pemotongan substrat dapat dilihat pada Gambar 3.15.

Gambar 3.14. Proses pemotongan substrat.

Gambar 3.15. Hasil pemotongan substrat.

3.5 Pembuatan Larutan Uji

Sebagian larutan uji yang digunakan ialah larutan standar KCl dari Atlas Scientific yang telah diuji dengan sensor konduktivitas Atlas Scientific K 0.1 yang bernilai 1,352 mS dan 0,102 mS. Untuk menambahkan larutan uji, penulis membuat larutan KCl dan diukur nilai konduktivitasnya dengan nilai molaritas 0,02 M (2,548 mS/cm), 0,04 M (3,766 mS/cm), 0,06 M (5,012 mS/cm), 0,08 M (6,566 mS/cm) dan 0,1 M (7,376 mS/cm). Pengukuran larutan uji dilakukan pada suhu sekitar 25 °C.

Larutan KCl dibuat dari serbuk KCl yang dihaluskan terlebih dahulu. Sejumlah serbuk KCl ditimbang sesuai dengan perhitungan untuk setiap molaritas larutan dan dicampur dengan akuades hingga volumenya mencapai 30 ml. Dengan massa relatif (Mr) KCl 74,55 gr/mol, serta volume larutan (V) yang dibuat adalah 30 ml. Berikut adalah perhitungan massa (m) yang dicampurkan dengan akuades dengan mengubah molaritas larutan uji menggunakan Persamaan 3.1:

$$m\ KCl = M.Mr\ KCl.V \qquad (3.1)$$

a) 0,02 M KCl

$$m\ KCl = (0{,}02\ M).\left(74{,}55\,\frac{\text{gr}}{\text{mol}}\right).(0{,}03)$$

$$m\ KCl = 0{,}0447\ gr$$

b) 0,04 M KCl

$$m\ KCl = (0{,}04\ M).\left(74{,}55\frac{\text{gr}}{\text{mol}}\right).(0{,}03)$$
$$m\ KCl = 0{,}0895\ gr$$

c) 0,06 M KCl

$$m\ KCl = (0{,}06\ M).\left(74{,}55\frac{\text{gr}}{\text{mol}}\right).(0{,}03)$$
$$m\ KCl = 0{,}1342\ gr$$

d) 0,08 M KCl

$$m\ KCl = (0{,}08\ M).\left(74{,}55\frac{\text{gr}}{\text{mol}}\right).(0{,}03)$$
$$m\ KCl = 0{,}1789\ gr$$

e) 0,1 M KCl

$$m\ KCl = (0{,}1\ M).\left(74{,}55\frac{\text{gr}}{\text{mol}}\right).(0{,}03)$$
$$m\ KCl = 0{,}2246\ gr$$

3.6 Pengujian Sensor Temperatur

Pengujian sensor temperatur dilakukan dengan mengukur nilai resitansi lapisan elektroda dalam temperatur cairan yang diubah-ubah. Sebelum pengujian, *pad* sensor dihubungkan dengan kabel menggunakan timah solder. Gelas Ukur yang telah diisi air dipanaskan menggunakan *magnetic stirrer*. Untuk mengukur suhu cairan digunakan termometer alkohol. Sebagian bagian sensor dicelupkan ke dalam air sambil mengukur resitansi elektroda sensor konduktivitas menggunakan Multimeter Sanwa CD-772. Perubahan resistansi elektroda sensor temperatur dicatat dalam setiap suhu yang diukur termometer. Rentang pengukuran suhu yang dilakukan dimulai dari 25 °C

hingga 80 °C. Hubungan antara resitansi elektroda sensor temperatur dengan suhu dapat digambarkan dalam Persamaan 3.2.

$$R_T = \beta . \Delta T + R_0 \qquad (3.2)$$

Dengan R_T merupakan resistansi elektroda pada suhu tertentu. Simbol β merupakan koefisien perubahan resitansi terhadap perubahan suhu bahan atau sensitivitas bahan. Kemudian ΔT selisih nilai suhu pengukuran dan acuan dan R_o merupakan nilai resistansi elektroda pada suhu acuan.

3.7 Pengujian Sensor Konduktivitas

Pengujian sensor konduktivitas dilakukan dengan metode empat elektoda. Dengan dua elektroda digunakan untuk mengukur arus dalam larutan uji serta dua elektroda lainnya digunakan untuk mengukur tegangan pada larutan uji. Setiap *pad elektroda* dihubungkan dengan kabel menggunakan pasta solder. Dalam pengukuran, sensor diberikan sumber tegangan berupa tegangan *square wave* dengan frekuensi tertentu. Pengujian-pengujian sensor konduktivitas yang telah dibuat diantaranya :

1. Uji linieritas pengukuran arus dan tegangan terhadap nilai konduktivitas larutan.
2. Uji waktu respon sensor hingga pengukuran stabil.
3. Uji kestabilan pengukuran sensor per-hari selama lima kali.
4. Uji pengukuran sensor dalam temperatur berbeda-beda yaitu 25 °C, 30 °C, 35 °C, 40 °C, 45 °C dan 50 °C. Pemilihan temperatur tertinggi pada 50 °C ini dikarenakan apabila temperatur pengukuran terlalu tinggi, maka larutan uji akan menguap dan menyebabkan nilai konduktivitas larutan menjadi berubah.
5. Uji pengukuran sensor dalam sumber DC serta AC dengan frekuensi 5 hingga 10 kHz.