BAB III

METODOLOGI

3.1. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan oleh penulis dalam penelitian ini yaitu studi literatur dan eksperimen yang akan dilakukan di laboratorium dan lapangan.

3.2. Waktu dan Tempat Penelitian Skripsi

Waktu pelaksanaan : Januari – September 2012

Tempat pelaksanaan : PPET - LIPI

Komplek LIPI Gedung 20

Jalan Sangkuriang Bandung 40135

3.3. Desain Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan beberapa metode penelitian yang secara sistematis disusun dalam bagan yang digambarkan dibawah ini:

Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian

3.4. Langkah – langkah Penelitian

Berikut merupakan pemaparan langkah – langkah penelitian yang telah dilakukan oleh penulis dalam beberapa tahap penelitian sebagai berikut:

3.4.1. Studi Literatur

Tahap penelitian yang pertama dilakukan yaitu studi literatur. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan sumber bacaan yang bisa dijadikan sebagai landasan teori atau yang mampu mendukung penelitian baik itu merupakan dalam bentuk media cetak ataupun media elektronik.

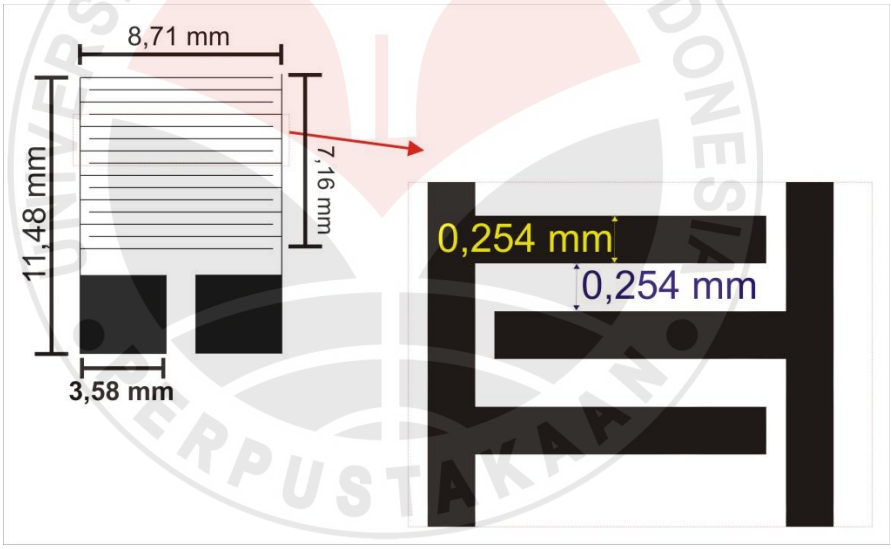
3.4.2. Perancangan Sensor

Agar karakteristik sensor yang dihasilkan sesuai dengan yang kita harapkan, maka sebelum melakukan proses pembuatan sensor haruslah terlebih dahulu melakukan perancangan sensor. Perancangan sensor haruslah dilakukan pada seluruh komponen –komponen sensor. Perancangan yang dilakukan haruslah mengacu kepada spesifikasi sensor yang diharapkan dan ketentuan – ketentuan yang terdapat pada teori dasar. Berikut ini merupakan spesifikasi – spesifikasi yang diharapkan peneliti:

- Dimensi : ≤10 mm x 25 mm
- Daya Kerja *heater* : 1,8 Watt
- Suhu operasi : 25 ^{o}C – 250 ^{o}C
- Jangkauan Pengukuran : 0 ~ 10 *ppm*

3.4.2.1. Perancangan Elektroda

Elektroda memiliki peranan yang sangat penting bagi sensor gas yaitu berfungsi untuk mengukur perubahan resistansi pada lapisan sensitif sensor gas CO. Elektroda yang biasa dipergunakan di dalam komponen sensor gas yaitu umumnya merupakan elektroda dengan struktur interdigital (elektroda interdigital), yang biasanya terbuat dari bahan *nobel metal* seperti Au atau Pt. Berikut merupakan gambaran desain elektroda yang akan dibuat.



Gambar 3.2 Desain Elektroda

Penggunaan desain elektroda di atas di dasarkan pada pertimbangan untuk meminimalisir ruang namun memaksimalkan daerah sensing. Hal tersebut berkaitan dengan waktu transit elektron, desain elektroda yang memiliki waktu transit kecil

merupakan elektroda yang baik. Dan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi waktu transit elektron pada sebuah elektroda bergantung pada jarak antar fingernya, semakin kecil jarak antar finger maka semakin kecil waktu transit elektron.

Selain itu kapasitansi yang terdapat pada elektroda dipasang seri agar nilai kapasitansinya berkurang. Kapasitansi ini muncul akibat terdapatnya persambungan logam dengan bahan semikonduktor.

Langkah selanjutnya dalam mendesain elektroda yaitu menentukan nilai resistansi yang dimiliki elektroda tersebut. Berdasarkan perancangan elektroda dalam penelitian ini diperoleh bahwa l_1 = 7,721mm, l_2 = 0,762mm dan w = 0,254mm dan bahan yang digunakan yaitu Au dengan nilai lembar resistansinya yaitu $R_s = 11\,{}^{m\Omega}/_{square}$, maka dengan menggunakan persamaan (2.5) nilai resistansi efektif elektroda dapat diperoleh dengan cara sebagai berikut:

$$R_{el} = 4 \times \left[\left(\frac{l_1}{w} + \frac{l_2}{w} + 0{,}56\right) R_s\right]$$

$$= 4 \times \left[\left(\frac{7{,}721}{0{,}254} + \frac{0{,}762}{0{,}254} + 0{,}56\right) 11\,{}^{m\Omega}/_{square}\right]$$

$$= 4 \times \left[(30{,}4 + 3 + 0{,}56) 11\,{}^{m\Omega}/_{square}\right]$$

$$= 4 \times \left[(33{,}96) 11\,{}^{m\Omega}/_{square}\right]$$

$$= 1494{,}24\, m\Omega \qquad (3.1)$$

Tabel 3.1 Keterangan Dimensi Elektroda

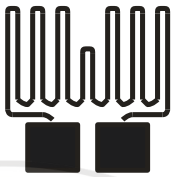
Keterangan	Ukuran (mm)
Panjang Elektroda	8,2296
Lebar Elektroda	7,7216
Lebar Jari – jari Elektroda	0,254
Jarak antar Jari-jari Elektroda	0,254
Panjang x Lebar Pad Elektroda	3,7084 x 3,302

3.4.2.2. Perancangan *Heater*

Salah satu faktor yang menentukan keberhasilan dari sensor gas *thin film* yaitu merupakan temperatur. Komponen sensor gas yang berfungsi untuk mendistribusikan suhu disebut *heater*, yang diletakkan tepat disisi belakang substrat. Distribusi temperatur yang sesuai akan mempengaruhi tingkat selektifitas dan sensitifitas dari elemen sensor ini. Untuk menentukan karakteristik dari *heater*, parameter-parameter yang harus diperhatikan di antaranya adalah : suhu yang diinginkan, daya yang dibutuhkan, dan luasan daerah yang ingin di panasi, serta karakter dari bahan *heater* itu sendiri (TCR, disipasi arus maksimum yang mampu melewati, dll).

Langkah awal yang dilakukan dalam merancang heater yang sesuai dengan harapan yaitu membuat layout dari heater dengan menggunakan Corel DRAW X3. Desain heater tersebut dibuat dengan panjang jalur konduktivitasnya yaitu 94,107 mm dan lebar jalurnya yaitu 0,529 mm, dibentuk menyerupai lilitan. Desain heater ini digunakan dengan mempertimbangkan penelitian sebelumnya sebagai acuan. Dengan

asumsi, dengan memperbesar rasio perbandingan antara panjang dan lebar *heater* akan diperoleh nilai resistansi yang besar, namun dengan penggunaan daya yang kecil.



Gambar 3.3 Layout *Heater*

Langkah selanjutnya yaitu menentukan nilai resistansi pada suhu acuan *heater* (R_c). Suhu acuan yang digunakan yaitu suhu ruang sekitar 25°C, dengan menggunakan persamaan (2.4) maka:

$$R_c = R_s \frac{l}{w}$$

$$= 15\, m\Omega/_{square}\, \frac{94{,}107mm}{0{,}529mm}$$

$$= 2668{,}35\, m\Omega \qquad (3.2)$$

Film tipis SnO_2 merupakan lapisan sensitif sesor gas metal oksida yang memiliki temperatur kerja sekitar 200°C-300°C. Berdasarkan hasil perhitungan untuk menentukan resistansi pada suhu acuan, maka dapat diperoleh pula nilai resistansi pada suhu operasi dengan konsentrasi gas tertentu dan pada kali ini diambil TCR sebesar 3600 ppm/^{o}C.

$$TCR = \frac{[(R_H - R_C) \times 10^6]}{[R_C \times (T_H - T_C)]}$$

$$3600 = \frac{[(R_H - 2668{,}35) \times 10^6]}{[2668{,}35 \times (250 - 25)]}$$

$[(R_H - 2668{,}35) \times 10^6]$= 2,16 x 10^9

R_H = 4828,35 mΩ (3.3)

Maka daya *heater* yang dibutuhkan yaitu:

$$I = \frac{V}{R_H}$$

$$I = \frac{3Volt}{4{,}828\Omega}$$

$I = 0{,}621$ A (3.4)

P = I.V

P = 0,621.3

P = 1,8 Watt (3.5)

Adapun dimensi heater yang telah dibuat, dijelaskan pada tabel berikut ini:

Tabel 3.2 Keterangan Dimensi Heater

Keterangan	**Ukuran (mm)**
Panjang *Heater*	11,2776
Lebar *Heater*	7,5438
Panjang *Heater Efektif*	94,107
Lebar Jalur *Heater*	0,529
Jarak Antar Jalur *Heater*	0,889

3.4.2.3. Perancangan Layout Sensor

Perancangan layout sensor dimulai dengan membuat desain komponen-komponen sensor dengan menggunakan Corel DRAW X3 yang disimpan dalam format CDR. Kemudian dari format CDR ini ditransfer ke dalam bentuk ortho film dengan menggunakan jasa repro film untuk pencetakan. Ortho film ini dibuat dalam bentuk negatif film dan positif film.

3.4.3. Proses Pembuatan Sensor

Proses pembuatan sensor gas SnO_2 dibagi menjadi tiga tahap yaitu pembuatan elektroda, pembuatan heater, dan pembuatan lapisan aktif. Seluruh prosedur yang digunakan dalam proses pembuatan sensor dilakukan berdasarkan hasil riset yang pernah di lakukan diLIPI dan prosedur yang tertera pada *datasheet* bahan. Berikut merupakan pemaparan langkah – langkah penelitian yang telah dilakukan oleh penulis dalam beberapa tahap penelitian sebagai berikut:

3.4.3.1. Pembuatan Elektroda

Elektroda yang digunakan dalam sensor gas ini, dibuat dengan menggunakan metoda sputtering. Secara garis besar langkah pembuatan elektroda digambarkan dalam diagram dibawah ini.

Gambar 3.4 Skema Langkah – langkah Pembuatan Elektroda

A. Pencucian Substrat

Pencucian substrat merupakan proses yang sangat penting dilakukan sebelum memulai proses selanjutnya. Pada saat substrat disimpan, banyak faktor yang dapat menyebabkan munculnya kontaminasi pada substrat misalnya terdapatnya lapisan oksida yang sangat tipis, keringat pada saat dipegang, debu-debu yang menempel, bahan organik dan zat anorganik, bahan ionik dsb. Oleh karena itu sangatlah

diperlukan proses pencucian substrat sebelum melanjutkan ke proses selanjutnya. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan kontaminan-kontaminan yang terdapat pada permukaan substrat dan untuk mengontrol keberadaan oksida yang tumbuh pada permukaan substrat. Dalam proses pencucian substrat dibutuhkan alat dan bahan yang harus dipersiapkan dengan baik, terutama peralatan yang dapat menunjang keselamatan ketika melakukan proses pencucian substrat. Berikut adalah alat dan bahan yang dibuthkan:

1. *DI Water*
2. Gas Nitrogen
3. *Chemical Apron, Chemical Gloves* dan *Face Shield*
4. *Wafer dippers and Holders*
5. Gelas Beker Pyrex
6. NH_4OH
7. H_2O_2

Penelitian ini, digunakan standar pembersihan substrat silikon RCA-1 yang telah dikembangkan oleh Werner Kern pada tahun 1960-an. Berikut merupakan langkah – langkah yang dilakukan dalam proses pencucian substrat:

1. Masukkan 325 ml DI Water dan 65 ml NH_4OH (27%) ke dalam gelas beker Pyrex.
2. Panaskan larutan tersebut diatas *hot plate* pada suhu 70 ± 5°C.

3. Pada suhu 65°C masukkan 65 ml H_2O_2 (30%). Setelah dipanaskan selama 1-2 menit larutan akan mendidih, dan hal tersebut mengindikasikan bahwa larutan telah siap digunakan.
4. Kemudian rendam substrat silikon didalam larutan tersebut selama 15 menit.
5. Setelah direndam selama 15 menit didalam larutan, pindahkan substrat dari larutan kemudian alirkan *DI water* pada substrat silikon.
6. Keringkan substrat silikon dengan cara menyemprotkan gas N_2.

B. Oksidasi

Proses oksidasi merupakan proses pembentukkan lapisan SiO_2 diatas permukaan wafer silikon. Proses ini merupakan salah satu proses yang sangat penting pada teknologi sensor gas. Lapisan oksida dapat berfungsi sebagai lapisan isolator antar lapisan dan juga sebagai masker pencegah masuknya ketidakmurnian. Selain itu juga lapisan oksida berfungsi untuk mengisolasi silikon dari interkoneksi, dan menjaga agar silikon tidak terpengaruhi langsung dengan udara terbuka.

Pada dasarnya substrat silikon yang belum digunakan sudah memiliki lapisan oksida yang sangat tipis diatas permukaannya, tebalnya sekitar ± 10 Å. Lapisan oksida ini terbentuk akibat terjadinya reaksi antara oksigen luar dengan lapisan substrat silikon.

Dalam pemrosesan semikonduktor terdapat beberapa macam cara untuk melakukan proses oksidasi. SiO_2 dapat ditumbuhkan dengan 2 macam metoda, yaitu metoda dengan temperatur tinggi (700-1300°C) dan metoda dengan temperatur

rendah (200-500°C). Silikon yang ditumbuhkan dengan mengguanakan metode temperatur tinggi dapat diproses dengan menggunakan salah satu reaksi kimia berikut ini:

Oksidasi kering: $Si + O_2 \rightarrow SiO_2$

Oksidasi basah: $Si + 2H_2O \rightarrow SiO_2 + 2H_2$

Sedangkan untuk temperatur rendah dipergunakan CVD (*Chemical Vapour Deposition*), dengan reaksi yang terjadi yaitu:

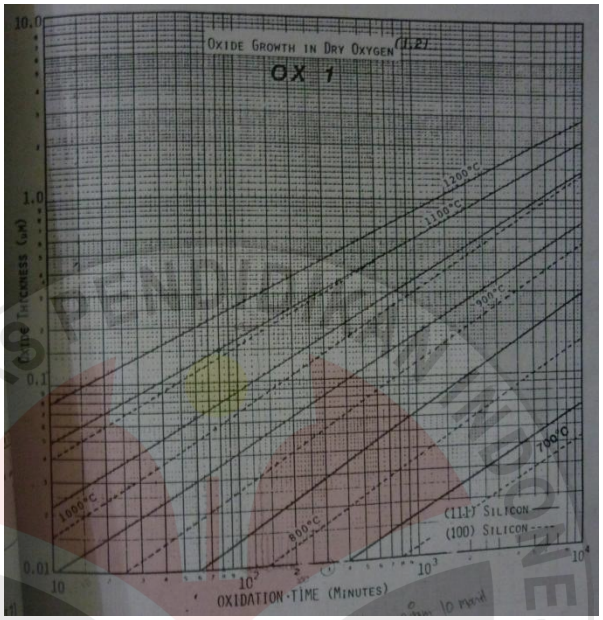
CVD: $SiH_4 + 2O_2 \rightarrow SiO_2 + 2H_2O$

Pada proses oksidasi peralatan dan bahan yang digunakan yaitu tungku oksidasi. Tungku oksidasi yang digunakan terdiri dari dua buah tungku, yaitu tungku untuk oksidasi kering dan tungku untuk oksidasi basah. Pada dasarnya kedua tungku tersebut memiliki spesifikasi yang sama, yang menjadi pembedanya hanyalah jenis gas yang dimasukkan kedalam tungku. Tungku ini dapat beroperasi hingga suhu 1100°C, dan gas yang dimasukkan kedalam tungku dapat berupa gas nitrogen (N_2), oksigen (O_2), dan uap air dengan kecepatan aliran gas dapat diatur yaitu sampai dengan 100 sccm (*standar centimeter cubic per minute*).

Langkah awal yang harus dilakukan sebelum memulai proses oksidasi yaitu menentukan beberapa parameter oksidasi yaitu dengan cara sebagai berikut:

1. Menentukan jenis oksidasi yang digunakan, apakah oksidasi kering atau basah.
2. Menentukan ketebalan oksida yang dibutuhkan.

3. Menentukkan lamanya waktu proses oksidasi yang dibutuhkan dengan melihat grafik pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Grafik Penumbuhan Oksidasi Kering

Pada penelitian ini digunakan proses oksidasi kering pada suhu 1100°C selama 130 menit. Hal ini dikarenakan silikon yang dioksidasi menggunakan metoda oksidasi kering akan memiliki karakteristik bahan yang baik dan kualitas dielektrik yang dihasilkan baik, meskipun proses penumbuhan oksidanya lambat. Proses oksidasi kering dilakukan dengan cara mengalirkan gas oksigen (O_2) yang sangat murni kedalam tungku oksidasi yang didalamnya telah disimpan silikon wafer.

C. Penumbuhan Film Tipis

Penumbuhan film tipis Au diatas substrat silikon dilakukkan dengan menggunakan metode Sputtering. Jenis *Sputtering* yang digunakan yaitu *Sputtering DC* . Adapun alat dan bahan yang digunakan untuk penumbuhan film tipis elektroda yaitu sebagai berikut:

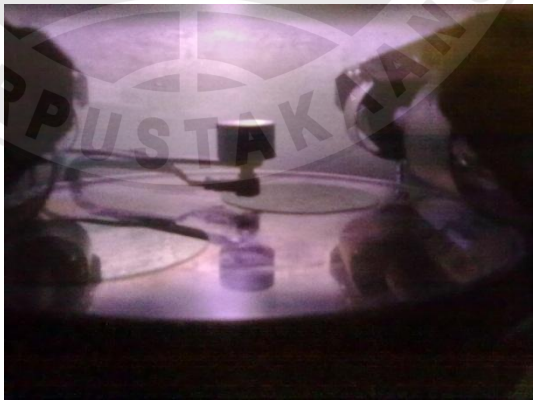
1. Emas, bahan yang digunakan untuk membuat elektroda. Hal tersebut dikarenakan emas memiliki konduktivitas listrik dan panas yang baik jika dibandingkan dengan logam yang lainnya, dan juga memiliki ketahanan korosi.
2. Kromium, digunakan untuk merekatkan emas diatas pemukaan substrat silikon.
3. Substrat. Substrat yang digunakan yaitu Si dengan orientasi <111>.

Gambar 3.6 Substrat Silikon

4. *Sputtering*. *Sputtering* berfungsi untuk mendeposisikan kromium dan emas ke atas substrat silikon. *Sputtering* yang digunakan yaitu tipe *Telegraph Square Drive Lorton VA 22079* produksi *Plasma Science Inc.*

Gambar 3.7 *Sputtering Telegraph Square Drive Lorton VA 22079*

Proses *Sputtering* yang dilakukan, dimulai dengan memvakumkan *chamber* dengan menggunakan pompa, hingga tekanan didalam chamber mencapai $5{,}9 \times 10^{-5}$ Torr. Kemudian, chamber dialiri gas Argon dengan tekanan sekitar 4mTorr ± 0,1 mTorr. Material yang akan dideposisikan dengan menggunakan metode ini yaitu Au diatas substrat silikon.



Gambar 3.8 Pendeposisian Emas Dengan Menggunakan Sputtering

Sebelum dilapisi dengan emas, substrat dilapisi dengan kromium terlebih dahulu. Pelapisan kromium dilakukan selama 2 menit, yang kemudian langsung dilanjutkan dengan melapisi emas selama 10 menit.

Gambar 3.9 Substrat Silikon Yang Telah Dilapisi Emas

D. Fotolithografi

Fotolithografi merupakan proses pemindahan pola dari masker ke medium lain dengan menggunakan radiasi cahaya yang umumnya dengan panjang gelombang yang berada pada daerah ultraviolet. Medium lain yang menerima pemindahan pola dan terbuat dari bahan yang peka terhadap perubahan cahaya disebut fotoresis. Namun untuk pemindahan pola dari lapisan fotoresis kelapisan dibawahnya, dilakukan melalui proses etsa. Beberapa proses lithografi ini dilakukan didalam ruangan gelap. Secara sistematis proses lithografi dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

Gambar 3.10 Rangkaian Proses Lithografi

1. *Pre-Bake*

Tujuan dari proses ini yaitu untuk menghilangkan uap air yang berada dilapisan luar wafer silikon, selain itu juga untuk merekatkan antara wafer dengan resis , agar rekatan yang terjadi kuat. Pada proses penelitian ini, prebake dilakukan dengan temperatur 85°C selama 3 menit didalam oven produksi *The Grieve Corporation* tipe VR 4260.

Gambar 3.11 Oven

2. Pelapisan Resis

Resis yang digunakan dalam proses ini yaitu ma- P215s resis positif, dimana proses pelapisannya menggunakan *spin coater* tipe P–6000 produksi *Intergrated Technologies. Inc*. Proses ini dilakukan segera setelah wafer dikeluarkan dari oven. Lapisan resis yang terbentuk ditentukan oleh waktu putar dan banyaknya resis yang diteteskan.

Gambar 3.12 Silikon Yang Akan Dilapisi Resis

Pelapisan resis yang dilakukan dengan langkah awal meletakkan silikon tepat berada ditengah-tengah *spinner*. Kemudian nyalakan pompa agar silikon tidak terlempar ketika *spinner* dinyalakan, dan juga pada bagian ujung silikon harus ditempelkan selotip. Ketika akan melapisi resis keatas substrat silikon, resis harus diteteskan tepat pada bagian tengah silikon dan diratakan keseluruh permukaan. Lalu tutuplah *spinner* dan nyalakan hingga kecepatan putar *spinner* mencapai 3000 rppm selama 30 detik. Waktu yang dibutuhkan tersebut sangat bergantung kepada ukuran wafer, untuk wafer yang ukurannya besar dibutuhkan waktu pemutaran yang lebih lama.

3. *Soft Bake*

Setelah proses pelapisan, komposisi film yang dihasilkan terdiri dari 20%-40% berat pelarut. Langkah selanjutnya setelah dilakukan proses pelapisan disebut *post bake* atau *soft bake*. Proses *soft bake* dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan semua bahan pelarut dari fotoresis, sehingga membuat lapisan fotoresis menjadi bersifat fotosensitif. Secara umum tujuan dari proses *soft bake* yaitu untuk mempermudah pada saat proses penyinaran, lapisan resis tetap kuat ketika dilakukan proses *developer*, dan untuk menambah daya adhesi antara lapisan resis dan lapisan dibawahnya.

Apabila pengeringan yang dilakukan pada proses ini dilakukan dalam waktu yang sangat lama maka lapisan resis akan kehilangan kepekatan cahaya, namun apabila waktu yang digunakan pada proses pengeringan dan suhu yang diberikan

sangat minim daya adhesi antara lapisan resis dan lapisan bawahnya akan menjadi kurang kuat. Oleh karena itu, harus diusahakan menggunakan waktu pengeringan yang cukup untuk menguatkan film tetapi tidak mengakibatkan polimerisasi.

Pada penelitian ini, proses *soft bake* dilakukan dalam oven dengan temperatur 150°C selama 15 menit. Oven yang digunakan pada proses ini sama dengan oven yang digunakan pada proses *pre-bake*.

4. Pelurusan dan Penyinaran

Dalam proses ini dibutuhkan ketelitian, kecermatan dan juga kesabaran. Hal ini dikarenakan apabila terjadi pergeseran sedikit antar masker akan mengakibatkan pergeseran kedudukan lapisan satu dengan lapisan yang lainnya. Oleh karena itu proses ini sangat menentukan keberhasilan fabrikasi devais bertingkat.

Dalam proses penyinaran seharusnya menggunakan alat *alignment* (pelurus) masker, yang terdiri dari sumber cahaya (sinar ultra violet atau lampu merkuri) dan suatu alat yang dapat digeser pada sumbu x, y dan z memutari sumbu putarnya. Namun dikarenakan alat tersebut sedang rusak maka dalam proses penyinaran ini peneliti menggunakan metode primitif yaitu dengan dijemur dibawah terik sinar matahari. Dalam menggunaan metode ini ada terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu diantaranya proses penyinaran harus dilakukan ketika cuaca cerah dan arah sinar matahari harus tegak lurus terhadap substrat.

Gambar 3.13 Metoda Penyinaran

Pada saat penyinaran inilah terjadi pemindahan pola ke wafer. Proses penyinaran dapat mengakibatkan lapisan resis akan mengalami perubahan akibat polimerisasi. Pada resis positif, bagian yang disinari akan mudah larut pada saat dilakukan proses *development* dan hasilnya akan sama dengan pola pada maskernya apabila kita menggunakan film positif. Sedangkan untuk fotoresis negatif, bagian yang disinari menjadi tidak larut pada saat proses *development*, sedangkan pola yang dihasilkan adalah kebalikan dari pola maskernya.

Penyinaran yang tidak cukup akan mengakibatkan daya adhesi yang kurang baik, sehingga mengakibatkan terkikisnya resis pada proses *development*. Lamanya waktu penyinaran bergantung pada kekuatan lampu yang digunakan dan jarak lampu kelapisan yang akan disinari.

Pada penelitian ini menggunakan jenis fotoresis positif dengan menggunakan negatif film dan lamanya waktu penyinaran yang dibutuhkan dengan menggunakan sinar matahari yaitu selama ±2 menit.

5. Development

Setelah dilakukan proses penyinaran, maka proses selanjutnya yang dilakukan yaitu *development*. Proses ini dilakukan dengan tujuan untuk menimbulkan pola pada resis, dengan cara mencelupkan substrat kedalam larutan *developer*. Larutan developer yang digunakan dalam penelitian ini yaitu MF319.

Gambar 3.14 Proses *Development*

Pada proses ini, substrat dicelupkan pada larutan developer hingga pola pada resis benar-benar terbentuk. Setelah pola benar-benar terbentuk segera angkat substrat dari cairan developer.

6. Post Bake

Proses *postbake* dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan daya adhesi resis, karena pada saat proses *development* terdapat kemungkinan resis akan menjadi lunak dan mudah terlepas. Temperatur dan waktu yang digunakan pada proses *postbake* berbeda dengan proses *prebake*. Pada proses *postbake* temperatur yang digunakan lebih tinggi sehingga menambah daya tahan resis, dan mengakibatkan sulitnya proses pembersihan fotoresis pada proses etsa berlangsung.

Secara umum fungsi dari proses *postbake* yaitu untuk menghilangkan atau membuang bahan pelarut resis yang masih menempel, memperbaiki perekatan dan menaikkan daya tahan resis terhadap proses selanjutnya yaitu proses etsa. Proses *postbake* dilakukan dengan cara memanaskan substrat didalam oven dengan temperatur sekitar $85^{o}C$ selama 5 menit.

7. Etsa

Proses etsa pada penelitian ini merupakan proses yang bertujuan untuk membuka lapisan emas yang tidak tertutup oleh resis. Lapisan emas yang tidak dibutuhkan dilarutkan dengan cara dicelupkan kedalam larutan etsa dengan waktu yang cukup hingga lapisan emas terbuang. Terdapat dua macam etsa yang sering digunakan, yaitu etsa kering dan etsa basah. Pada etsa basah digunakan larutan, sedangkan etsa kering menggunakan plasma berbentuk gas yang ditembakkan pada bahan yang akan dietsa, biasanya menggunakan gas HCl. Pada penelitian ini metoda yang digunakan yaitu metoda etsa basah untuk lapisan emas.

Untuk mengetsa lapisan emas digunakan larutan KI dan I_2. Komposisi larutan yang digunakan yaitu 1:4:40 untuk I_2:KI:H_2O. Sebelum digunakan larutan harus diaduk terlebih dahulu. Proses ini diamati hingga terlihat lapisan emas terkikis. Langkah selanjutnya yaitu mengangkat wafer dari larutan dan dimasukkan kedalam DIH_2O digoyang dan diangkat.

8. Pembersihan Bahan Fotoresis

Pembersihan bahan fotoresis yang tersisa dapat juga disebut dengan *stripping* atau *cleaning*. Pada pola yang telah terbentuk masih terdapat lapisan resis diatasnya, sehingga dibutuhkan proses *stripping* agar lapisan yang tidak berguna dapat terbuang. Setiap jenis larutan *stripping* digunakan untuk resis yang berbeda. Untuk penelitian ini larutan yang digunakan yaitu aseton, karena resis yang digunakan yaitu resis positif.

E. Pemotongan Elektroda

Proses pemotongan substrat yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan secara manual dengan menggunakan mata intan. Alat ini berfungsi untuk memotong substrat sesuai dengan ukuran dan bentuk yang diinginkan. Adapun langkah pemotongan substratnya dengan cara menggesekkan pemotong diatas substrat lalu dipatahkan, yang tidak lain sama seperti teknik pemotongan substrat.

3.4.3.2. Pembuatan Heater

Pada penelitian, heater dibuat dengan menggunakan teknologi film tebal dan metoda *screen printing*. Dalam pembuatannya, untuk menghasilkan heater haruslah melewati beberapa proses yaitu diantaranya pencucian substrat, pembuatan *screen*, penumbuhan film tebal, pengeringan dan pembakaran.

A. Pencucian Substrat

Substrat yang digunakan dalam pembuatan heater yaitu substrat alumina. Substrat alumina merupakan salah satu komponen yang umum digunakan untuk penumbuhan film tebal. Sebelum digunakan substrat harus dicuci terlebih dahulu dengan cara direndam didalam *beaker glass* yang berisikan *dye water*, kemudian dimasukkan ke dalam *Ultrasonic cleaner* selama 5 menit.

B. Pembuatan *Screen*

Agar pola heater yang terbentuk diatas substrat sesuai dengan yang kita inginkan, maka haruslah terlebih dahulu membentuk pola diatas *screen* sesuai dengan yang dibutuhkan. Selain memiliki fungsi sebagai pembentuk pola, *screen* juga berfungsi untuk menentukan ketebalan pasta yang diendapkan pada substrat. Screen terbuat dari bahan *stainless steel* yang berlubang-lubang dan diregankan pada sebuah *frame* yang biasanya terbuat dari bahan alumunium. Sebagian dari proses ini harus dilakukan didalam kamar gelap, dikarenakan sebagian karakteristik bahan yang

digunakan dalam proses ini tidak boleh terkena cahaya secara langsung. Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan dalam proses ini yaitu sebagai berikut:

1. *Screen*. Dalam penelitian ini digunakan *screen* yang diproduksi oleh *Central SPS* dan memiliki kerapatan 325 *mesh*.

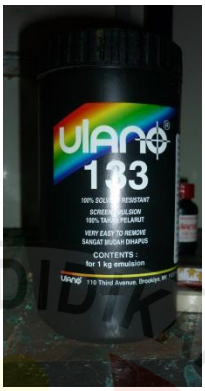
Gambar 3.15 *Screen*

2. CDF3 (*Capilarry Direct Film*), yaitu merupakan emulsi film yang dapat digunakan sebagai bidang cetak tembus. CDF 3 ini tidak boleh terkena sinar atau cahaya secara langsung.

3. Ulano 5, merupakan pasta pengahapus yang dapat langsung dipakai untuk menghapus Ulano CDF *Direct Film* atau Ulano *Line Direct* yang telah merekat pada *screen*.

Gambar 3.16 Ulano 5

4. Ulano 133, adalah bahan emulsi yang digunakan untuk melapisi bidang *screen* yang tidak tertutup CDF 3.

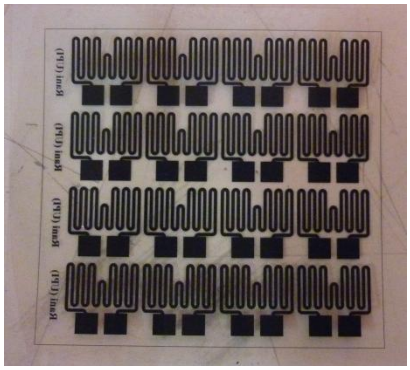


Gambar 3.17 Ulano 133

5. *Screen Maker*, yaitu alat yang digunakan untuk proses penyinaran dengan menggunakan sinar UV. *Screen marker* yang digunakan merupakan *screen marker* prosuksi Richmond tipe 3000T.

Gambar 3.18 *Screen Maker*

6. *Ortho- film*, merupakan komponen utama dalam pembuatan pola pada *screen*.



Gambar 3.19 *Ortho Film*

Untuk membuat pola diatas *screen*, terdapat beberapa proses yang harus dilakukan, seperti yang tersusun secara sistematis pada bagan dibawah ini:

Gambar 3.20 Skema Proses Pemubatan *Screen*

- Langkah pertama yang harus dilakukan dalam proses ini yaitu pemilihan *screen.* Hal ini dilakukan karena *screen* dapat menentukan ketebalan pasta yang akan diendapkan diatas substrat. Dalam penelitian ini, digunakan *screen* dengan kerapatan 325 *mesh* dan berukuran 20 cm x 20 cm.
- Setelah menentukan *screen* yang akan digunakan, langkah selanjutnya yang harus dilakukan yaitu membersihkan *screen* dengan menggunakan Ulano 5 agar pola *screen* yang telah terbentuk sebelumnya menghilang. Sebelum *screen* dilapisi oleh ulano 5, *screen* harus dibasahi terlebih dahulu. Lalu pada bagian depan dan belakang *screen* diolesi dengan Ulano 5 sambil disikat dengan menggunakan penyikat khusus, agar pola *screen* yang telah terbentuk sebelumnya benar-benar hilang. Lalu *screen* didiamkan selama 5 menit namun jangan sampai ulano 5 mengering. Setelah didiamkan 5 menit, *screen* disemprot dengan air bertekanan tinggi.

Gambar 3.21 Pembersihan *Screen*

Kemudian keringkan dengan menggunakan *hair dryer,* hingga *screen* benar-benar kering.

Gambar 3.22 Pengeringan *Screen.*

- Lalu setelah *screen* benar-benar kering, kertas film CDF3 yang telah dipotong kedalam ukuran 10 cm x 10 cm diletakkan dibagian tegah pada permukaan depan *screen.* CDF 3 diletkkan diatas *screen* dengan bagian emulsinya dibagian atas, dan rekatkan selotip sedikit pada salah satu sisi CDF 3 agar tidak mudah bergerak. Kemudian pada permukaan bagian belakang *screen* dilapisi Ulano 133, tepat dibelakang lapisan CDF 3. Lepaskan selotip yang merekat pada salah satu sisi CDF 3, kemudian keringkan dengan *hair dryer* selama 15 menit.
- Setelah Ulano 133 benar-benar kering, lapisan plastik/mylar pada CDF3 dicabut secara hati-hati. Selanjutnya rekatkan *ortho-film* tepat dibagian atas CDF3 yang telah dilepas lapisan plastiknya.
- Kemudian *screen* diletakkan ditengah-tengah bidang penyinaran pada mesin penyinaran, proses ini dinamakan fotografi. Hal ini dilakukan agar terbentuknya pola *ortho-film* pada CDF 3 yang tidak tertembus cahaya, dan pada proses ini juga terjadi reaksi antara *ortho-film* yang menutupi lintasan cahaya dan CDF 3. Sinar yang digunakan dalam proses ini yaitu sinar UV dan dilakukan selama 15 detik.

- Setelah proses penyinaran selesai, selanjutnya *screen* disemprot dengan air bertekanan tinggi secara perlahan dan hati-hati agar pola yang terbentuk tidak rusak. Setelah pola tampak dan terbentuk, selanjutnya *screen* dikeringkan dengan menggunakan *hair dryer* hingga kering.
- Dan proses yang terakhir yaitu pada bagian *screen* yang belum tertutupi oleh CDF 3 dilapisi kembali dengan Ulano 133 yang diratakan dengan menggunakan rakel dan dikeringkan dengan menggunakan *hair dryer*. Agar hasil yang dihasilkan lebih baik, sebaiknya *screen* dibiarkan mengering selama 24 jam.

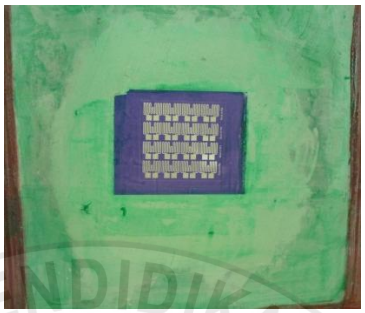
Setelah semua proses tersebut dilakukan, maka terbentuklah pola diatas *screen* sesuai dengan yang dibutuhkan. Seperti yang tertera pada gambar dibawah ini.

Gambar 3.23 Pola Yang Terbentuk Diatas *Screen*

C. Penumbuhan Film Tebal

Setelah pola terbentuk di atas *screen*, selanjutnya dilakukan proses penumbuhan film tebal diatas substrat alumina. Adapun alat dan bahan yang dipergunakan dalam proses ini , yaitu:

1. *Screen* yang telah memiliki pola *heater* dengan kerapatan 325 *mesh*, produksi *Central SPS*.

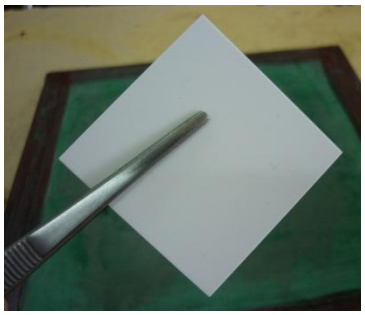


3.24 *Screen* Yang Telah Memiliki Pola

2. Pasta, menggunakan pasta konduktor terbuat dari PdAg yang diproduksi oleh *Dupont* dengan nilai lembar resistan 15 – 30 mΩ/*square* dan tipe produk yaitu *Dupont* 7484 .

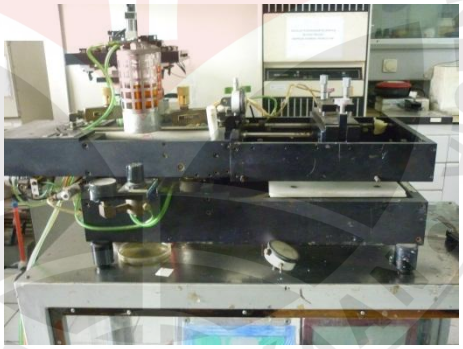
Gambar 3.25 Pasta PdAg

3. Substrat Alumina (Al_2O_3) 96% dengan ukuran 5cm x 5cm dan ketebalan 0,7 mm.



Gambar 3.26 Substrat Alumina

4. *Screen Printer*, digunakan untuk menumbuhkan film tebal PdAg diatas substrat alumina sesuai dengan pola yang telah dibentuk pada *screen*. *Screen Printer* yang digunakan diproduksi oleh *de Haart* tipe SP SA 40.



Gambar 3.27 *Screen Printer de Haart*

5. Oven, berfungsi untuk mengeringkan pasta setelah pasta dicetak diatas substrat. Oven yang digunakan diproduksi oleh *Cole – Parmer Instrument Company* tipe 05015-56.

Gambar 3.28 Oven *Cole – Parmer Instrument Company*

6. *Furnace Infra Red*, berfungsi untuk melakukan proses pembakaran dimana senyawa-senyawa kimia yang ada pada pasta dirubah menjadi lapisan yang bersifat konduktor, resistor atau dielektrik. Jenis tungku yang digunakan adalah *Conveyor Belt Furnace RTC LA-310*.

Gambar 3.29 *Conveyor Belt Furnace RTC LA-310*

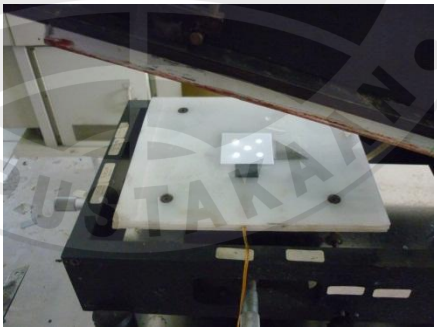
Untuk membuat *heater*, terdapat beberapa proses yang harus dilakukan yaitu seperti yang digambarkan dalam bagan dibawah ini:

Gambar 3.30 Langkah-langkah Pembuatan *Heater*

- Langkah awal yang harus dilakukan dalam pembuatan *heater* yaitu mempersiapkan alat bahan yang akan digunakan. Pastikan semua alat dan bahan yang dibutuhkan sudah siap pakai. Pada langkah ini kita juga harus memastikan apakah pasta yang akan digunakan telah siap pakai atau tidak. Namun dikarenakan pasta disimpan didalam kulkas dalam jangka waktu yang sangat lama, maka sebelum memakai pasta untuk proses selanjutanya sebaiknya pasta diaduk terlebih dahulu, agar pasta cepat mencair.

Gambar 3.31 Persiapan Pasta

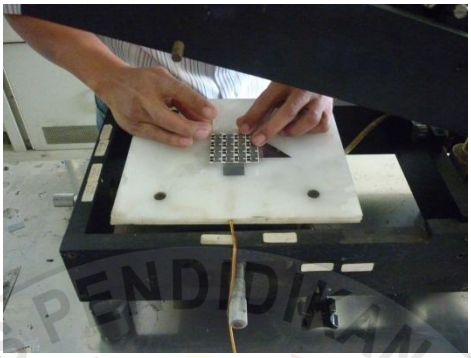
- Setelah mempersiapkan alat dan bahan, langkah berikutnya yaitu pencetakkan *heater*. Pertama-tama s*creen* yang telah memiliki pola *heater* diset pada *screen printer* dan letakkan juga substrat yang akan digunakan pada *screen printer*. Kemudian atur posisi *screen* terhadap substrat sehingga posisi pola *heater* tepat berada di atas substrat.



Gambar 3.32 Pelurusan Posisi Substrat Dengan *Screen*

Agar mempermudah proses pelurusan antara substrat dengan pola pada screen, maka gunakan *ortho-film* dan letakkan diatas substrat. Kemudian amati,

ketika screen ditempelkan pada substrat pola pada *ortho-film* harus tepat menutupi pola pada *screen.*

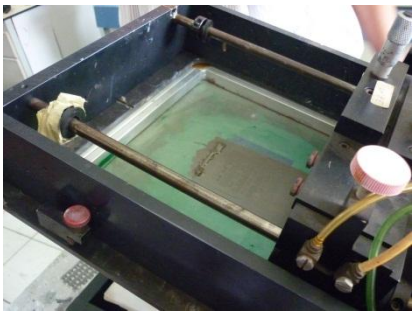


Gambar 3.33 Peletakkan *Ortho-film* Di atas Substrat

Kemudian lakukan pengaturan jarak *snap-off* dan tekan rakel pada *screen printer*, dan tuangkan pasta PdAg pada bagian atas pola pada *screen.*

Gambar 3.34 Penuangan Pasta PdAg Pada *Screen*

Dan setelah itu dilakukan proses pencetakkan dengan pasta konduktor dari bahan PdAg.



Gambar 3.35 Pencetakkan Pasta PdAg

Maka didapatkan film tebal *heater* yang terbentuk diatas substrat alumina.

Gambar 3.36 *Heater* Yang Telah Ditumbuhkan Diatas Substrat Alumina

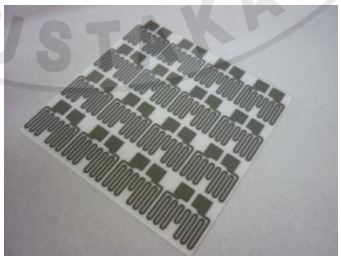
D. Pengeringan

Selanjutnya heater dikeringkan dengan menggunakan oven selama 15 menit dengan temperatur yang digunakan sebesar 195°C. Tujuan dari proses ini yaitu agar lapisan *heater* yang telah dicetak cepat mengering. Apabila masih terdapat pola yang bentuknya tidak bagus, dan ingin dilakukan pengulangan maka pola dapat dihapus dengan menggunakan *thinner*.

Gambar 3.37 Heater Yang Masih Basah Diletakkan Didalam Oven

E. Pembakaran

Setelah *heater* menjadi kering, *heater* harus dibakar dalam temperatur tinggi dengan menggunakan tungku pembakaran produksi *Radiant Technology Corporation*. Tungku pembakaran ini terbagi menjadi 3 zone pembakaran dengan temperatur puncaknya mencapai 850°C . Lamanya waktu pembakaran kurang lebih selama 30 menit. Pada proses ini senyawa-senyawa kimia yang terdapat pada pasta dirubah menjadi lapisan yang bersifat konduktor, reistor atau dielektrik.



Gambar 3.38 *Heater* Yang Dihasilkan Setelah Proses Pembakaran

F. Pemotongan *Heater*

Setelah heater terbentuk, selanjutnya substrat alumina dipotong sesuai ukuran heater yang terbentuk. Pemotongan substrat dilakukan dengan menggunakan mata intan.

Gambar 3.39 Alat Pemotong Substrat

3.4.3.3. Pembuatan Lapisan Sensitif

Komponen berikutnya yang harus dibuat yaitu lapisan sensitif. Lapisan ini dibuat dengan menggunakan metode *sol-gel.* Oleh karena itu, langkah pertama yang harus dilakukan yaitu pembentukkan pasta SnO_2. Berikut ini dipaparkan prosedur pembuatan pasta SnO_2:

1. Persiapkan bahan – bahan yang akan digunakan yaitu serbuk SnCl, isopropanol, propanol dan Air. Perbandingan komposisi bahan yang akan digunakan yaitu serbuk SnO_2 : Isopropanol : Propanol : Air yaitu 5 : 7 : 7 : 6.

Gambar 3.40. Serbuk SnCl

2. Haluskan serbuk SnO_2 dengan menggunakan *mortar* dan *pestile* selama ± 1 jam tanpa henti. Hal ini dilakukan agar ukuran partikel SnO_2 menjadi skala nano.
3. Campurkan serbuk SnO_2 yang telah dihaluskan dengan 2/3 bagian propanol dan 1/3 air, kemudian aduk selama 1 jam sambil dipanaskan pada suhu 80^oC.
4. Bakar larutan yang telah dibuat didalam oven dengan suhu 300^oC. Setelah dilakukan tahap ini larutan akan berubah menjadi serbuk.
5. Campurkan sisa air, isopropanol dan sisa propanol dengan serbuk dan aduk selama 1 jam tanpa dipanaskan hingga dihasilkan pasta yang jernih dan homogen.

Dari keseluruhan proses tersebut dapat dihasilkan *sol-gel* yang selanjutnya akan digunakan untuk membuat lapisan sensitif.

Gambar 3.41 Pasta SnO_2

Selanjutnya untuk membentuk lapisan sensitif, pasta SnO_2 yang telah terbentuk diteteskan tepat atas elektroda yang kemudian diratakan dengan menggunakan *squeege*. Agar pasta tidak melapisi kontak, maka sebelum dilapisi SnO_2 bagian kontak harus ditutup dengan menggunakan solatip terlebih dahulu. Setelah pasta mengering barulah selotip dibuka.

3.4.4. Pengujian Sensor

Dalam penelitian ini, dilakukan beberapa pengujian kepada sensor gas. Pengujian yang dilakukan yaitu bertujuan untuk mengetahui temperatur operasional terhadap resistansi sensor dan lainnya. Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan yaitu:

- *Power Supply* (sumber arus searah) dengan merk *Kenwood Regulated Power Supply* tipe PD18-30AD.

Gambar 3.42 Sumber Arus Searah

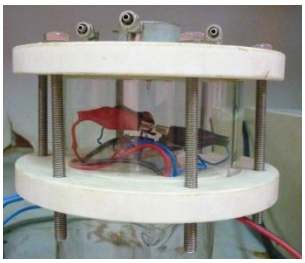
❖ *Multimeter Digital* dengan merk *Sanwa Digital Multimeter* tipe PC 500.

Gambar 3.43 *Multimeter Digital*

❖ *Thermometer Digital* dengan merk *Lutren* TM-914C.

Gambar 3.44 T*hermometer Digital*

❖ *Chamber*



Gambar 3.45 Chamber

❖ Gas CO

Gambar 3.46 Tabung gas CO

Berikut merupakan pemaparan prosedur pengujian sensor:

A. Pengujian *Heater*

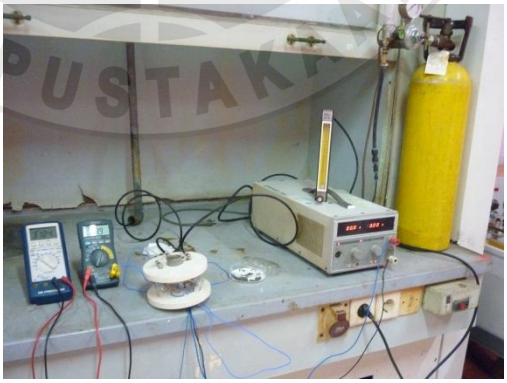
1. Rangkailah *power supply*, *multimeter digital*, *thermometer digital* dan sensor seperti gambar dibawah ini.

Gambar 3.47 Rangkaian Pengujian *Heater*

2. Aliri arus DC pada rangkaian, yang bertujuan untuk menghasilkan panas pada *heater* . Variasikan nilai suhu kerja mulai dari suhu ruang.
3. Amati perubahan resistansi dan catat hasil pengamatan.

B. Pengujian Perubahan Resistansi Sensor Gas Terhadap Perubahan Suhu

1. Buatlah rangkaian pengujian seperti gambar dibawah ini.



Gambar 3.48 Rangkaian Pengujian Sensor

2. Catatlah suhu ruang, dan resistansi yang terukur, tepat sebelum *chamber* dialiri gas CO.
3. Aliri gas CO kedalam *chamber* dengan konsentrasi gas sebesar 10 ppm, rubahlah arus masukkan untuk merubah suhu pada *heater*.
4. Setelah suhu mulai stabil catatlah nilai resistansi setiap perubahan arus.

UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
PERPUSTAKAAN