III. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan dibeberapa tempat berbeda berdasarkan proses kegiatan yang dilakukan, pembuatan sampel mentah dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Lampung. Penyinteran pelet varistor dilaksanakan di Laboratorium Biomassa FMIPA Universitas Lampung. Pencetakan sampel mentah dan pengujian karakteristik sifat listrik V-t dan V-I dilaksanakan di Laboratorium Tegangan Tinggi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung. Penelitian ini dilaksanakan selama 8 bulan, dimulai dari bulan Februari 2010 hingga September 2010.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Peralatan yang digunakan untuk pemrosesan pembuatan material varistor yaitu timbangan digital, corong kaca, *spatula*, alat *press* hidrolik, mortar, jangka sorong digital, *hot plate/stirring*, gelas kimia, pinset, *Aluminium foil*, amplas, alat cetak sample (*die*), sendok, *furnace* dan *magnetic stirrer*. Peralatan yang digunakan

untuk pengujian karakteristik V-t yaitu satu set peralatan pembangkit tegangan impuls kapasitif, multimeter, *stopwatch*, osiloskop digital, dan satu set komputer. Peralatan yang digunakan dalam pengujian karakteristik V-I yaitu transformator regulator 220 V, 1 KVA, 50 Hz, transformator uji 220/1000 volt, 50 Hz, ampermeter, voltmeter, dan elektroda uji.

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ZnO murni dan dopan yang digunakan Al_2O_3. Media pencampur yang digunakan adalah aseton, alas pembakaran material menggunakan serbuk alumina.

C. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Pada tahap pertama yaitu proses pembuatan pelet varistor yang terdiri dari proses preparasi, pencetakan, dan penyinteran. Tahap selanjutnya adalah pengujian karakteristik listrik yang terdiri dari V-t dan V-I. Setelah melakukan pengujian kemudian pengambilan data berupa kurva lengkung volt-waktu untuk karakteristik listrik V-t dan kurva kenonlinieran volt-ampere untuk karakteristik listik V-I. Tahap terakhir yang dilakukan adalah mengolah data yang didapat kemudian menganalisanya, dan menarik kesimpulan.

D. Pelaksanaan

1. Pembuatan Pelet Varistor

Proses pembuatan material varistor sebagai berikut:

a. Menimbang serbuk ZnO dan Al_2O_3 menggunakan timbangan digital dengan berbagai perbandingan mol sesuai dengan tabel 1.

Tabel 1. Komposisi campuran ZnO dan Al_2O_3 berdasarkan perbandingan mol.

No	**Sampel**	**ZnO (mol%)**	**Al_2O_3 (mol%)**
1	ZnO murni	100,0	0,00
2	ZnAl 0.05	99,95	0,05
3	ZnAl 0.10	99,80	0,20
4	ZnAl 0.15	99,50	0,50
5	ZnAl 0.20	99,30	0,70
6	ZnAl 0.25	99,00	0.10

b. Memasukkan campuran tersebut ke dalam gelas kimia 250 cc dan memberi nama sesuai dengan perbandingan mol.

c. Memasukkan aseton ke dalam gelas yang berisi campuran sampai volume gelas menjadi 150 cc.

d. Mengaduk beberapa saat campuran tersebut dan kemudian meletakkannya di atas *hot plate/stirring*.

e. Memasukan *magnetic stirrer* kedalam gelas yang berisi campuran terebut.

f. Menghidupkan *hot plate/stirring* pada skala 6 dan memastikan campuran tersebut teraduk.

g. Menutup gelas tersebut menggunakan *alumunium foil* pada proses *stirring* agar tidak kemasukan zat-zat lain.

h. Setelah kurang lebih 4 jam dan memastikan kedua zat tersebut tercampur secara homogen, matikan *hot plate/stirring*, kemudian mengangkat gelas tersebut dari *hot plate/strring*.

i. Mengambil *magnetic stirrer* dari gelas berisi campuran berisi campuran menggunakan pinset dan mencucinya sampai bersih.

j. Membiarkan beberapa saat campuran untuk mengeringkan aseton dari campuran.

k. Untuk mengeringkan campuran tersebut, campuran tersebut dipanaskan dalam *furnace* pada suhu 60^0C selama 24 jam.

l. Memasukan gelas tersebut kedalam oven dan mencatat posisi gelas, kemudian program mesin oven.

m. Jika serbuk campuran belum kering maka kembali dipanaskan selama 24 jam dengan menaikkan suhu pemanasan menjadi 80^0C.

n. Mengambil campuran tersebut dari mesin oven setelah berada pada suhu kamar (27^0C) dan memastikan bahwa campuran tersebut benar-benar kering.

o. Memasukkan campuran tersebut dalam *mortar*, kemudian gerus ± 1 jam, dan memastikan campuran tersebut benar-benar halus.

p. Menimbang campuran tersebut menggunakan timbangan digital sebanyak 1,5 gram dan meletakkannya pada *alumunium foil*.

q. Memasukan campuran tersebut kedalam *die*, dan memastikan *die* dalam keadaan bersih.

r. Meletakkan *die* yang berisi campuran pada alat *press* hidrolik.

s. Melakukan pengepresan dengan hati-hati sampai dengan indikator tekanan menunjukkan angka 200 kg/cm^2.

t. Memutar tuas pengurang tekanan pada alat *press* hidrolik setelah mencapai tekanan 200 kg/cm^2.

u. Mengambil bagian bawah dari *die* dan meletakkan *die* dengan posisi terbalik untuk mengeluarkan pelet varistor.

v. Mengeluarkan *die* dari alat *press* hidrolik dan mengambil pelet varistor yang telah di cetak.

w. Mengukur massa, diameter, ketebalan pelet varistor dan mencatat hasilnya.

x. Memasukkan pelet varistor kedalam tempat sampel.

y. Memberihkan bagian-bagian *die* menggunakan *tissue* setelah melakukan pengepresan.

z. Melakukan *lubrikanisasi* (pelumasan) *die* setiap dua kali pengepresan pelet varistor.

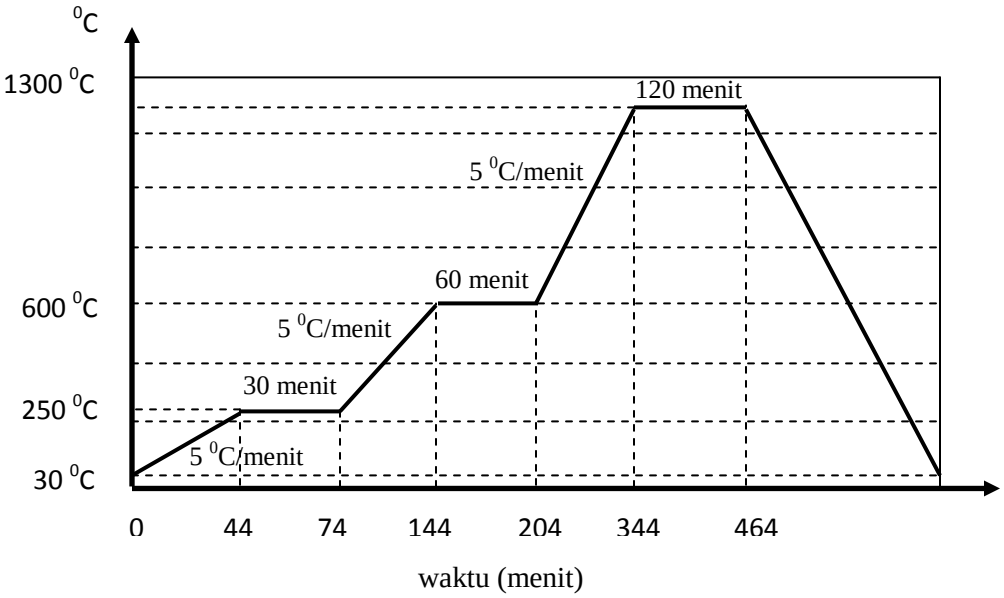
2. Perlakuan Penyinteran

Proses pembuatan varistor ZnO murni dan Varistor ZnO-Al_2O_3 termasuk *pressing* campuran serbuk ZnO dan zat aditif yang diinginkan ke dalam sebuah *die* untuk membentuk fisik yang mendukung, kemudian hasilnya disinter dalam sebuah *furnace* selama waktu tertentu lalu didinginkan. Pada penelitin ini dapat dilakukan proses pembakaran menggunakan *automatic programable furnace* yang memiliki kapasitas suhu pembakaran maksimum 1400^{0}C, kemudian pendinginan secara alami pada temperatur ruang. Penyinteran yang dilakukan dengan menaikkan suhu yang telah di tentukan secara bertahap untuk mengurangi kerutan dan mencegah keretakan varistor. Suhu kenaikkan yang direncanakan

adalah 5^0 C/menit dengan prosedur pengoperasian *furnace* untuk percobaan perlakuan penyinteran adalah sebagai berikut :

1. Menaikkan kontaktor pada panel listik.
2. Menghidupkan saklar pada mesin *furnace* sehingga *display* digital menyala dan menampilkan proses program.
3. Membuka pintu *furnace* untuk memasukkan sampel mentah varistor dengan memutar kedua *handle* kunci berlawanan arah jarum jam
4. Memasukkan sampel varistor mentah dengan susunan yang teratur ke dalam *furnace*.
5. Menutup pintu *furnace* dengan memutar *handle* kunci searah jarum jam.
6. Menekan tombol program untuk mengatur proses pembakaran, mula-mula dengan menaikkan suhu didalam *furnace* dari 30 ^{0}C menjadi 250 ^{0}C dengan kenaikkan suhu 5 ^{0}C/menit. Setelah sampai pada suhu 250 ^{0}C, dilakukan penahan selama 30 menit, lalu kembali menaikkan suhu sampai 600 ^{0}C juga dengan kenaikkan suhu 5 ^{0}C/menit. Pada suhu 600 ^{0}C juga dilakukan penahanan selama 60 menit, kemudian suhu kembali dinaikkan dari suhu 600 ^{0}C menjadi suhu 1300 ^{0}C juga dengan kenaikkan suhu 5 ^{0}C/menit. Setelah mencapai suhu 1300 ^{0}C, dilakukan penahanan selama 2 jam.
7. Menunggu sampai *furnace* selesai beroperasi dan suhu didalam *furnace* turun mencapai suhu ruang (30 ^{0}C).

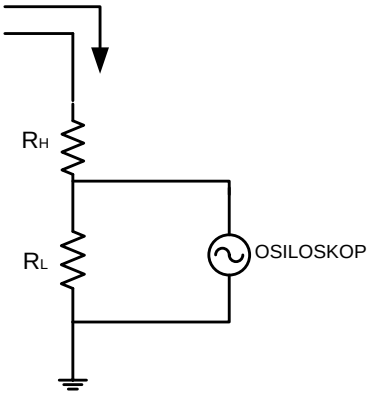
8. Mengeluarkan sampel varistor yang telah dibakar, lalu menempatkannya kedalam wadah plastik sesuai dengan jenis sampel.



Gamabar 12. Grafik proses kenaikkan suhu penyinteran varistor

3. Pengujian dan Karakterisasi Tegangan-Waktu (V-t) Varistor

Sebelum melakukan pengujian volt-waktu varistor, maka terlebih dahulu harus mengetahui nilai pembagi tegangan yang digunakan karena nilai tegangan yang terukur pada osiloskop adalah tegangan puncak-puncak (V_{pp}). Nilai pembagi tegangan yang digunakan untuk menghitung nilai tegangan sebenarnya.



Gambar 13. Rangkaian pembagi tegangan resistif

$$U_1 = U_2 \; x \; \frac{R_H + R_L}{R_L} \qquad \text{..... (8)}$$

dimana :

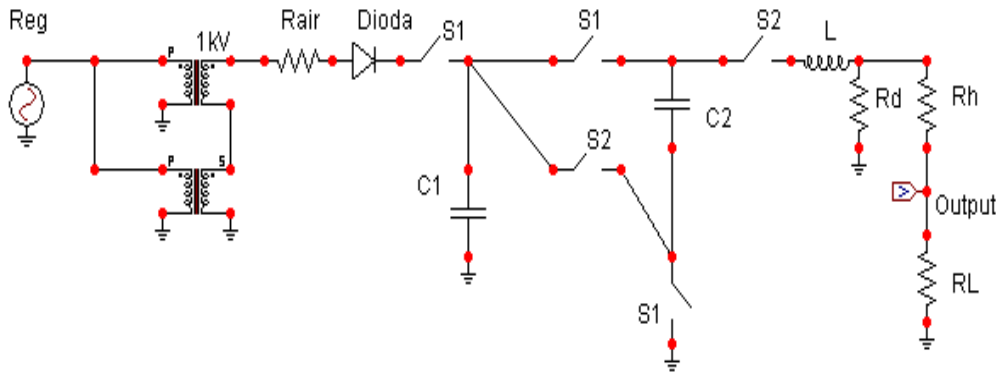
U_1 = nilai tegangan puncak-puncak (V_{pp}) hasil pengukuran

U_2 = nilai tegangan sebenarnya

R_1 = resistor *high* (200 kΩ)

R_2 = resistor *low* (1 kΩ)

Pengukuran untuk mendapatkan tegangan impuls menggunakan rangkaian pembangkit tegangan impuls kapasitif. Rangkaian pengukuran dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Rangkaian pengukuran tegangan impuls kapasitif

Keterangan Gambar :

Reg = *regulator* tegangan (0-220 V)

1 kV = transformator (220: 1000)

Dioda = dioda tegangan tinggi (1A, 20kV)

R_{air} = tahanan air 1 (2 MΩ)

S_1 dan S_2 = saklar 1 dan saklar 2

C_1 dan C_2 = kapasitor 1 dan kapasitor 2 (1,14µF)

L = Induktor

R_d = resistor peluahan (150 Ω)

R_h = resistor *high* (200 kΩ)

R_L = resistor *low* (1 kΩ)

Pada pembangkit tegangan impuls terdapat induktor (L) yang dapat diganti-ganti.

Hal itu dilakukan agar dapat mengatur waktu muka dari gelombang tegangan impuls yang dihasilkan.

Prosedur pengukuran tegangan impuls adalah sebagai berikut:

1. Menyusun rangkaian percobaan seperti gambar 14.
2. Melakukan *setting* osiloskop pada kondisi *single mode* untuk dapat menangkap input tunggal dan seketika.
   a. *Time base* = 50 µs
   b. Volt/div = 2 Volt
   c. *Storage* = *single ~ reset*
3. Menghidupkan *voltage regulator* dengan menggunakan sumber tegangan jala-jala PLN dan mengatur serta mengukur tegangan outputnya.
4. Menutup saklar S_1 (saklar S_2 terbuka) selama 30 detik.
5. Setelah 20 detik saklar S_1 dalam kondisi tertutup dan S_2 terbuka (*charging* kapasitor) kemudian membuka saklar S_1 dan segera menutup saklar S_2 (*discharging* kapasitor).
6. Mengukur waktu muka dan tegangan impuls yang muncul pada R_L menggunakan osiloskop kemudian mengalikan hasilnya dengan faktor pengali pada pembagi tegangan resistif, menyimpan grafik hasil pengukuran ke dalam komputer, kemudian menghitung waktu muka gelombang dan mencatat hasilnya.

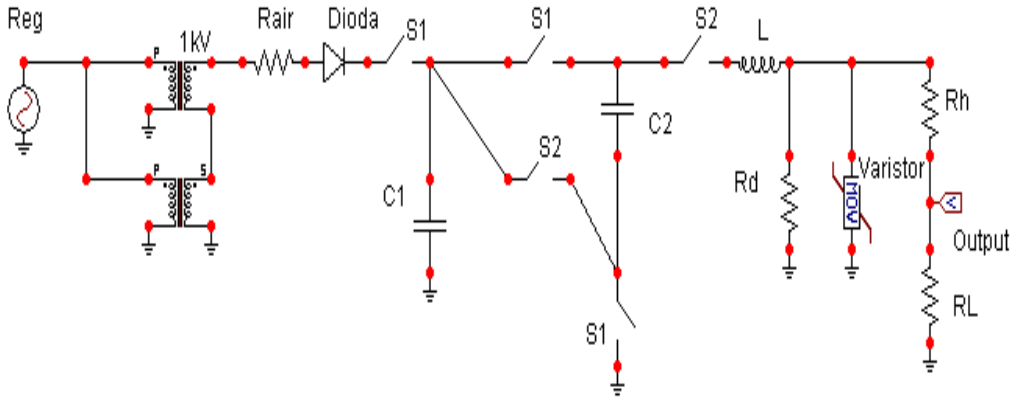
7. Mengulangi proses pengukuran tegangan impuls untuk waktu muka (T_f) yang berbeda dengan cara mengganti induktor rangkaian dengan dengan induktor yang lain yang nilainya berbeda.

Tabel 2. Pengisian hasil pengukuran tegangan impuls

Tegangan Regulator (Volt)	**Induktansi Induktor (mH)**	**Waktu Muka (µs)**	**Tegangan Puncak Impuls (Volt)**
60	0,06	1,05	
60	0,3	6,30	
60	1,8	7,33	
60	7,02	9,24	
60	13,50	11,76	
60	16,51	14,51	

Sedangkan Prosedur yang dilakukan untuk pengujian pengukuran tegangan tembus varistor adalah sebagai berikut :

1. Memasang rangkaian seperti gambar 15.



Gambar 15. Rangkaian pengujian karakteristik V-t varistor

2. Melakukan *setting* osiloskop pada kondisi *single mode* untuk dapat menangkap input tunggal dan seketika.
   a. *Time base* = 50 µs
   b. *Volt/div* = 2 Volt
   c. *Storage* = *single ~ reset*
3. Menghidupkan *voltage regulator* dengan menggunakan sumber tegangan jala-jala PLN dan mengatur serta mengukur tegangan outputnya.
4. Menutup saklar S_1 (saklar S_2 terbuka) selama 20 detik.
5. Setelah 30 detik saklar S_1 dalam kondisi tertutup dan S_2 terbuka (*charging* kapasitor) kemudian membuka saklar S_1 dan segera menutup saklar S_2 (*discharging* kapasitor).
6. Mengukur waktu muka dan tegangan impuls yang muncul pada R_L menggunakan osiloskop kemudian mengalikan hasilnya dengan faktor pengali pada pembagi tegangan resistif, menyimpan grafik hasil pengukuran ke dalam komputer, kemudian menghitung waktu muka gelombang dan mencatat hasilnya.
7. Mengulangi proses pengukuran tegangan impuls untuk waktu muka (T_f) yang berbeda dengan cara mengganti induktor rangkaian dengan dengan induktor yang lain yang nilainya berbeda.

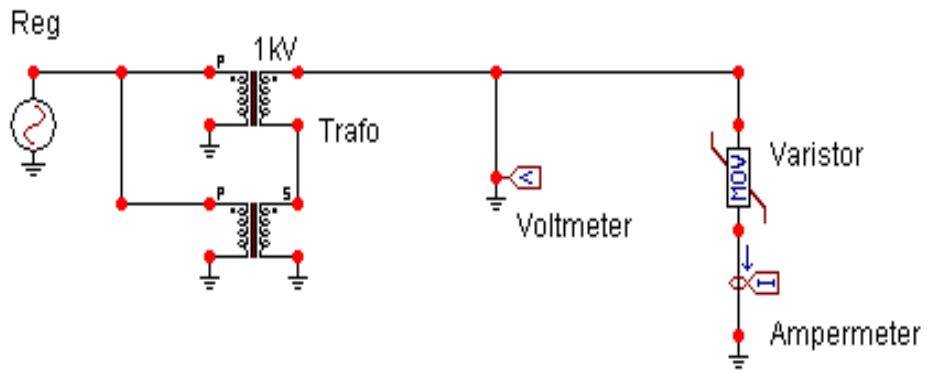
Tabel 3. Pengisian hasil pengukuran tegangan tembus varistor

Induktansi Induktor (mH	Waktu Muka (µs)	Tegangan Puncak Impuls (Volt)	Tegangan Tembus Varistor (Volt)
60	1,05		
60	6,30		
60	7,33		
60	9,24		
60	11,76		
60	14,51		

4. Pengujian dan Karakterisasi Tegangan-Ampere (V-I) Varistor

Prosedur pengujian karakteristik volt-ampere (V-I) sebagai berikut :

1. Memasang rangkaian seperti gambar 16.



Gambar 16. Rangkaian arus pengujian V-I varistor

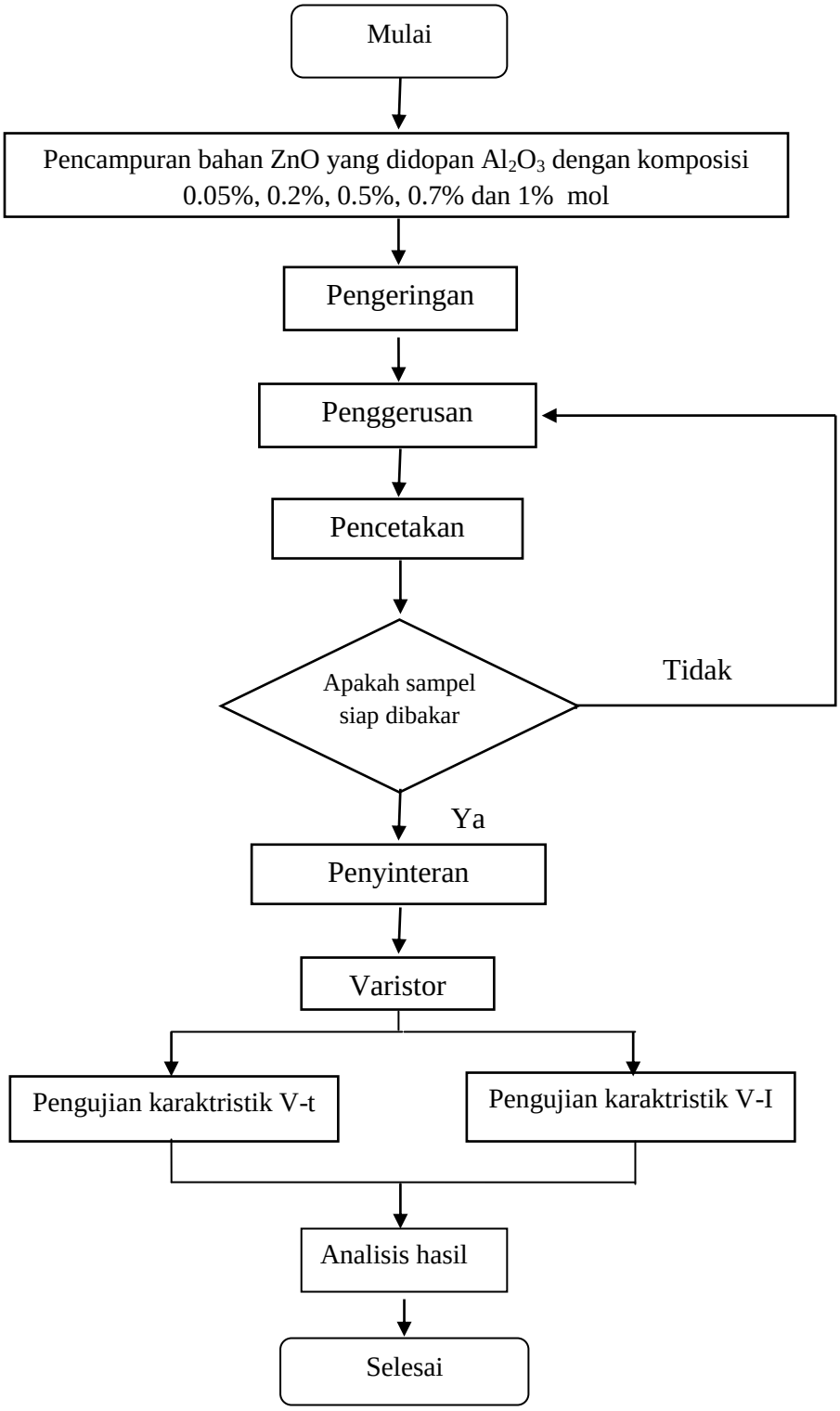
2. Menghidupkan *Trnasformator regulator* dengan menggunakan sumber tegangan jala-jala PLN dan mengatur serta mengukur tegangan outputnya

3. Mengukur arus dengan multimeter yang telah ditentukan secara bertahap dengan cara menaikkan tegangan transformator regulator dan mengukur tegangan yang dihasilkan
4. Mengulangi proses pengukuran dengan spesimen uji berbeda.

Tabel 4. Pengisian hasil pengukuran tegangan

Kode	**ZnO murni**	**ZnAl 0.05**	**ZnAl 0.10**	**ZnAl 0.15**	**ZnAl 0.20**	**ZnAl 0.25**
Arus (mA)	Tegangan (Volt)	Tegangan (Volt)	Tegangan (Volt)	Tegangan (Volt)	Tegangan (Volt)	Tegangan (Volt)
0,2						
0,4						
0,6						
0,8						
1,0						
2,0						
4,0						
6,0						
8,0						
10,0						

F. Diagram Alir Penelitian



Gambar 17. Diagram alir penelitian