

## BAB IV

### PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Dalam bab ini akan dibahas mengenai perancangan dan pembuatan sistem identifikasi *plant* distilasi vakum bioetanol. Pada dasarnya perancangan alat meliputi perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak.

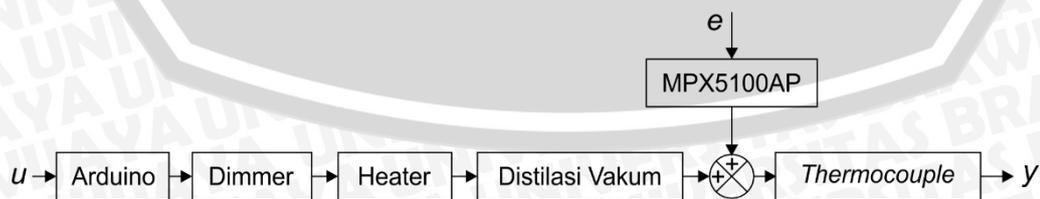
#### 4.1. Perancangan Sistem

Perancangan alat ini dilakukan secara bertahap dalam bentuk blok sehingga akan memudahkan dalam analisis pada setiap bloknya maupun secara keseluruhan. Perancangan ini terdiri atas:

- a. Perancangan perangkat keras meliputi rangkaian pengondisi sinyal sensor termokopel tipe K, rangkaian *filter* sensor tekanan MPX5100AP dan rangkaian *dimmer*.
- b. Perancangan perangkat lunak (perancangan algoritma pembangkitan sinyal uji pada *software Arduino ERW 1.0.5* dan algoritma identifikasi *plant* pada Matlab R2012a).

#### 4.2. Diagram Blok Sistem

Secara umum diagram blok dari identifikasi sistem terdiri dari blok pembangkitan sinyal uji, pencatatan sinyal gangguan dan pencatatan sinyal *output*. Pengambilan data sistem dilaksanakan dengan mengondisikan sistem dengan rangkaian *loop* terbuka, seperti ditunjukkan Gambar 4.1



**Gambar 4.1.** Diagram Blok *Plant* Distilasi Vakum Bioetanol

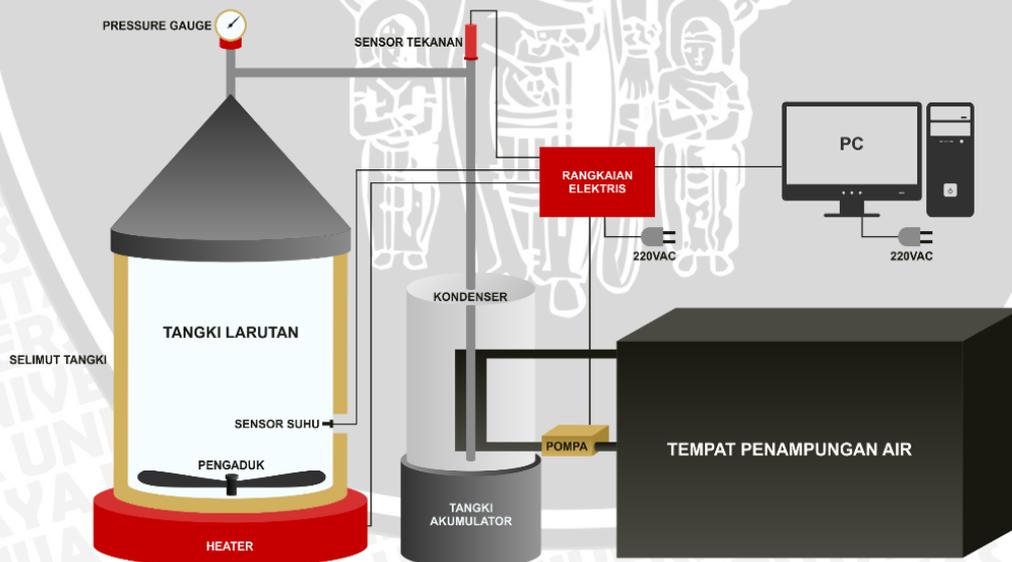
Dimana:

- Input* ( $u$ ) merupakan sinyal uji PRBS dengan batas PWM 85-125. Pembangkitan sinyal ini dilakukan melalui program arduino.
- Gangguan ( $e$ ) merupakan pembacaan tekanan udara pada tabung larutan.
- Output* ( $y$ ) merupakan respon *plant* berupa suhu larutan pada tabung.

#### 4.3. Prinsip Kerja

Variabel yang akan diidentifikasi dalam sistem ini adalah suhu dengan asumsi tekanan sebagai *disturbance*. Setelah tahap proses perancangan dan pembuatan sistem distilasi selesai, maka akan dilakukan pengujian terhadap sistem tersebut untuk mendapatkan data-data *input output* yang diperlukan dalam proses identifikasi. Data referensi yang telah terkumpul akan diolah pada *Personal Computer* yang telah terkoneksi ke sistem distilasi vakum untuk dilakukan proses komputasi identifikasi.

Gambar 4.2 berikut merupakan *plant* distilasi vakum bioetanol beserta fungsi dari bagian-bagiannya.



**Gambar 4.2.** Ilustrasi *Plant* Distilasi Vakum Bioetanol

- a. Tangki larutan, merupakan tempat berlangsungnya proses penguapan larutan (bioetanol berkadar rendah).
- b. Selimut tangki, berfungsi sebagai media pemanas larutan.
- c. Motor pengaduk, motor pengaduk akan membantu proses pemanasan agar merata.
- d. Kondenser, merupakan tempat berlangsungnya proses kondensasi. Caranya dengan menurunkan suhu uap yang mengalir dari tangki.
- e. Tangki akumulator, merupakan tempat untuk menampung cairan hasil kondensasi.
- f. Elemen pemanas, digunakan untuk memanaskan minyak yang melapisi bagian luar tangki larutan.
- g. Sensor suhu termokopel tipe K, untuk membaca suhu pada larutan.
- h. Sensor tekanan MPX5100AP, berfungsi untuk membaca tekanan pada uap hasil pemanasan larutan.

#### 4.4. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras terbagi beberapa bagian, diantaranya:

- a. Pemilihan elemen pemanas.
- b. Perancangan rangkaian *dimmer*.
- c. Pemilihan modul pengondisi sinyal sensor suhu.
- d. Perancangan rangkaian *filter* sensor tekanan.

##### 4.4.1. Pemilihan Elemen Pemanas

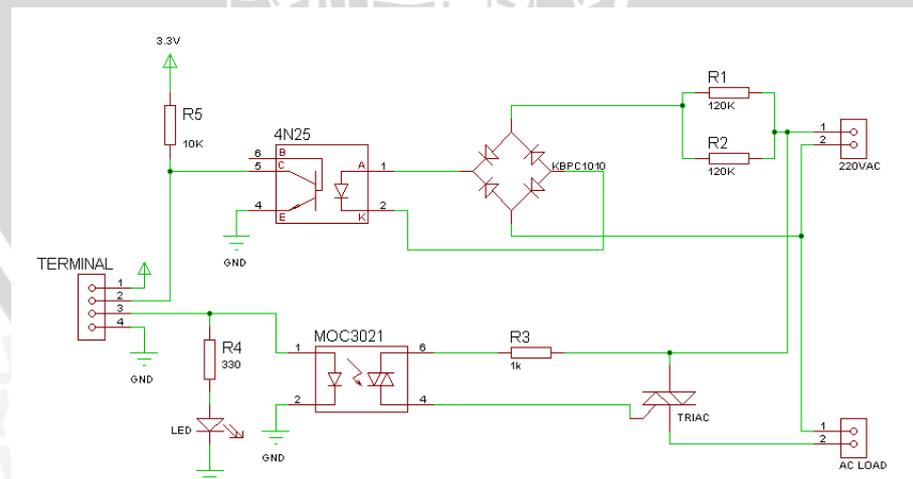
Sistem pemanasan yang digunakan adalah empat (4) elemen pemanas berdaya 300W untuk setiap elemen pemanasnya. Pemasangan elemen pemanas diletakkan tidak langsung di bawah tangki bioetanol, melainkan menempel pada dinding selimut tabung yang berisi minyak goreng sebagai media pemanasnya seperti pada Gambar 4.3. Elemen pemanas ditempatkan secara merata dengan jumlah yang sama, yaitu dua (2) buah di kanan dan dua (2) buah di sebelah kiri.



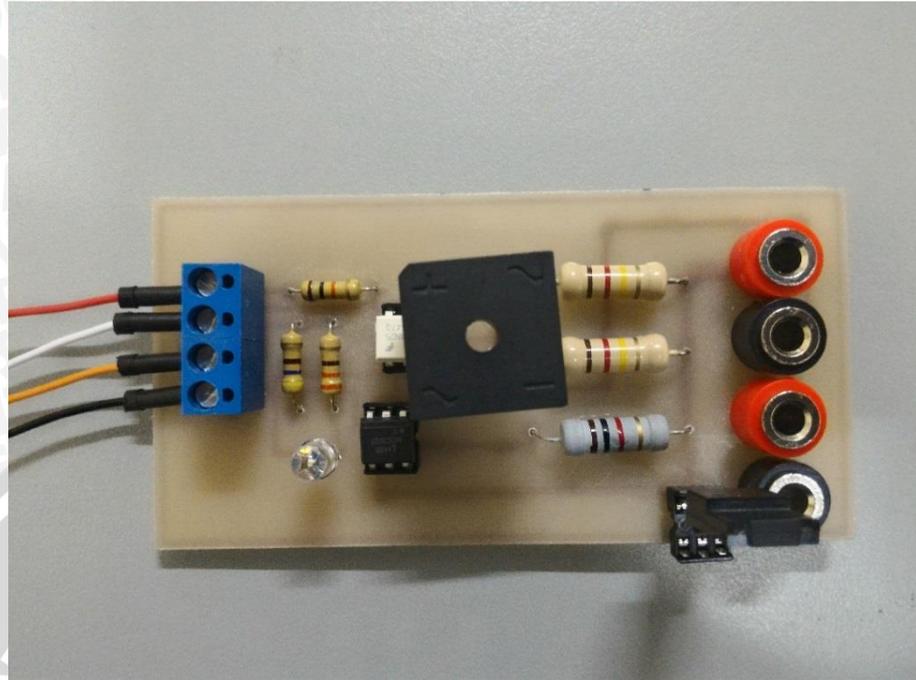
**Gambar 4.3.** Elemen Pemanas yang Menempel pada Selimut

#### 4.4.2. Rangkaian Dimmer

Elemen pemanas yang digunakan adalah elemen pemanas dengan catu daya AC. Untuk mengendalikan besarnya tegangan yang melewati elemen pemanas digunakan rangkaian *dimmer* yang di dalamnya juga terdapat beberapa bagian, diantaranya adalah rangkaian pemicuan *gate* TRIAC dan rangkaian *Zero Cross Detector*. Gambar 4.4 menunjukkan skema rangkaian *dimmer* AC, sedangkan modul rangkaian yang akan dibuat ditunjukkan pada Gambar 4.5.



**Gambar 4.4.** Skema Rangkaian Dimmer



Gambar 4.5. Modul Rangkaian *Dimmer*

#### 4.4.3. Pemilihan Modul Penguat Rangkaian Sensor Suhu

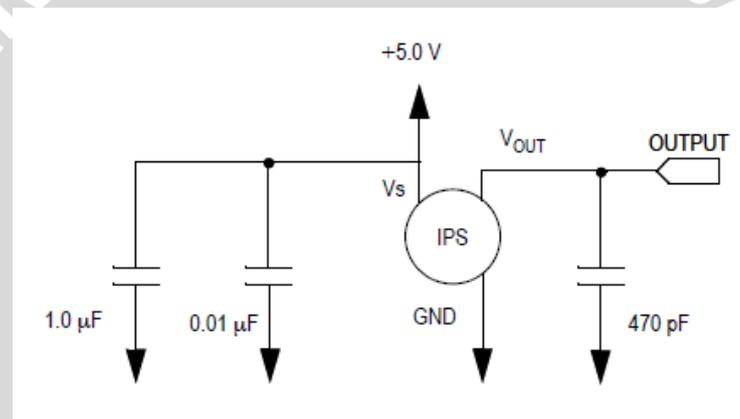
Modul penguat yang digunakan adalah MAX6675. MAX6675 adalah modul yang berfungsi untuk mengkonversi tegangan keluaran sensor suhu termokopel tipe K agar dapat dibaca oleh Arduino. Modul MAX6675 mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

- Catu daya modul: 5VDC
- Bekerja pada arus: 50mA
- Range pengukuran:  $-200 - 1300^{\circ}\text{C}$
- Resolusi suhu: 0.25
- Berat modul: 4gr
- Ukuran modul: 25mm x 15mm x 13mm

#### 4.4.4. Perancangan Rangkaian *Filter* Sensor Tekanan

Keluaran sensor tekanan MPX5100AP rentan terhadap *noise* sehingga perlu ditambahkan *filter* untuk mengurangi *noise* yang terjadi. *Noise* dapat disebabkan oleh komponen lain. Komponen yang dapat digunakan sebagai *filter* sensor adalah komponen *decoupling capacitor*.

Karena tegangan *power supply* tetap, perubahan daya akan mengakibatkan perubahan arus dan *power supply* harus mampu melayani perubahan arus tersebut. Saat ada perubahan arus tiba-tiba, *power supply* tidak bisa merespon itu dengan cepat. Akibatnya tegangan pada komponen yang bersangkutan akan drop sebentar sebelum mendapat respon dari *power supply*. Disinilah fungsi *decoupling capacitor* yang dapat menyimpan daya. Kapasitor menyimpan sedikit daya dari *power supply* tetapi dapat merespon perubahan arus dengan cepat. Besarnya nilai kapasitor didasarkan pada *datasheet* sensor, yakni bernilai  $1\ \mu\text{F}$ ,  $0,01\ \mu\text{F}$  dan  $470\text{pF}$ . Gambar 4.6 menunjukkan skema rangkaian *filter* sensor tekanan MPX5100AP.



Gambar 4.6. Rangkaian *Filter* Sensor Tekanan MPX5100AP

#### 4.5. Perancangan Identifikasi *Plant*

##### 4.5.1. Pengambilan Data *Input-Output*

Pada skripsi ini sinyal uji yang digunakan adalah sinyal uji *Pseudo Random Binary Sequence* (PRBS) dengan jumlah bit 8. Sinyal uji ini akan dibangkitkan oleh mikrokontroler. Karena digunakan panjang register 8 bit maka sesuai dengan Tabel 2.1, panjang sekuensial yang akan dihasilkan adalah 0-255 untuk 1 kali proses generasi sinyal uji PRBS.

Periode *sampling* pengambilan data mikrokontroler ditentukan berdasarkan Tabel 4.1

**Tabel 4.1.** Periode *Sampling* Berdasarkan Jenis *Plant*

Jenis <i>Plant</i>	Periode <i>Sampling</i> (s)
Tingkat Aliran	1-3
Level	5-10
Tekanan	1-5
Suhu	10-180
Distilasi	10-180
Mekanisme Servo	0.001-0.05
Katalis Reaktor	10-45
Proses Semen	20-45
Pengering	20-45

Sumber: Landau, 2006

Berdasarkan Tabel 4.1 untuk pembangkitan sinyal uji PRBS pada *plant* suhu proses distilasi vakum bioetanol periode *sampling* yang dipilih adalah 20 detik.

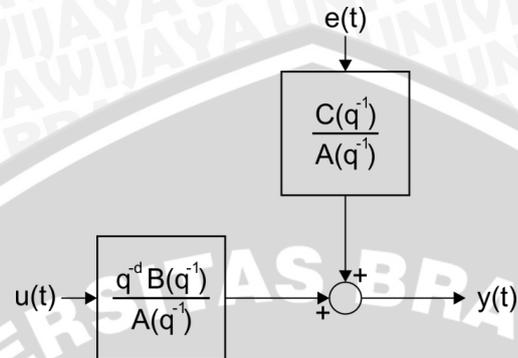
Proses pembentukan sinyal PRBS ditunjukkan oleh Gambar 4.7



**Gambar 4.7.** Diagram Alir Pembentukan Sinyal PRBS

#### 4.5.2. Menentukan Struktur Model

Dalam skripsi ini struktur model yang digunakan adalah ARMAX (*Auto Regressive Moving Average with Exogenous input*), yang dapat dinyatakan sebagai persamaan (2.3).



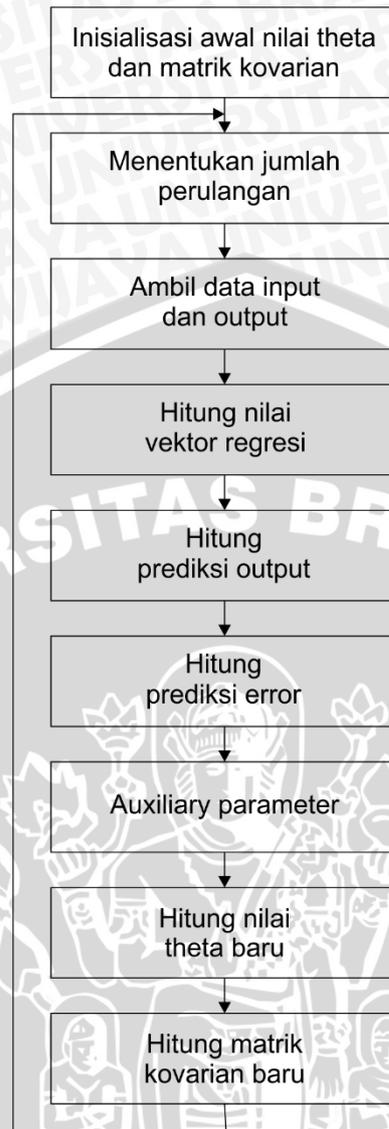
**Gambar 4.8.** Diagram Struktur Model ARMAX

(Sumber: Landau, 2006)

Seperti Gambar 4.8, model ARMAX mengandung 3 buah parameter yang akan diestimasi, yaitu A, B dan C dengan masing-masing parameter memiliki orde dari 1 hingga ke-n. Untuk menentukan orde yang sesuai untuk *plant* ini maka digunakan cara dengan membandingkan pada orde berapa (1 hingga 4) yang memiliki *loss function* terkecil.

#### 4.5.3. Estimasi Parameter

Langkah-langkah dalam melakukan estimasi parameter dapat ditunjukkan oleh diagram alir seperti pada Gambar 4.9.



**Gambar 4.9.** Diagram Estimasi *Extended Least Square*

#### 4.5.4. Validasi Model

Proses validasi hasil identifikasi yang akan digunakan adalah uji keakurasian dan *Akaike's Final Prediction Error*.

#### 4.6. Modul Arduino Mega 2560

Pada sistem pengendalian suhu ini digunakan Arduino Mega 2560 sebagai pengolah data dalam proses pengendalian elemen pemanas. Arduino Mega adalah *board* mikrokontroler berbasis ATmega1280. Memiliki 54 pin *input* dan *output*

digital, di mana 14 pin tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM dan 16 pin *input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack power*, ICSP header, dan tombol reset. Untuk dapat digunakan, mikrokontroler ini dihubungkan ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau dengan adaptor AC-DC untuk menjalankannya.

Secara fisik, ukuran Arduino Mega hampir kurang lebih 2 kali lebih besar dari Arduino Uno, ini untuk mengakomodasi lebih banyaknya pin Digital dan Analog pada *board* Arduino Mega tersebut. Tampilan Arduino Mega dapat dilihat pada Gambar 4.10. Sedangkan penggunaan pin pada Arduino Mega disebutkan pada Tabel 4.2



Gambar 4.10. Modul Arduino Mega 2560

Tabel 4.2. Penggunaan Pin Pada Arduino Mega

No.	Pin	Fungsi
1.	2	Jalur masukan <i>Zero Cross</i> Interrupt
2.	3	Jalur keluaran untuk rangkaian <i>dimmer</i>
3.	4	LCD pin
4.	5	LCD pin
5.	6	LCD pin
6.	7	LCD pin
7.	8	LCD pin
8.	9	LCD pin
9.	10	LCD pin

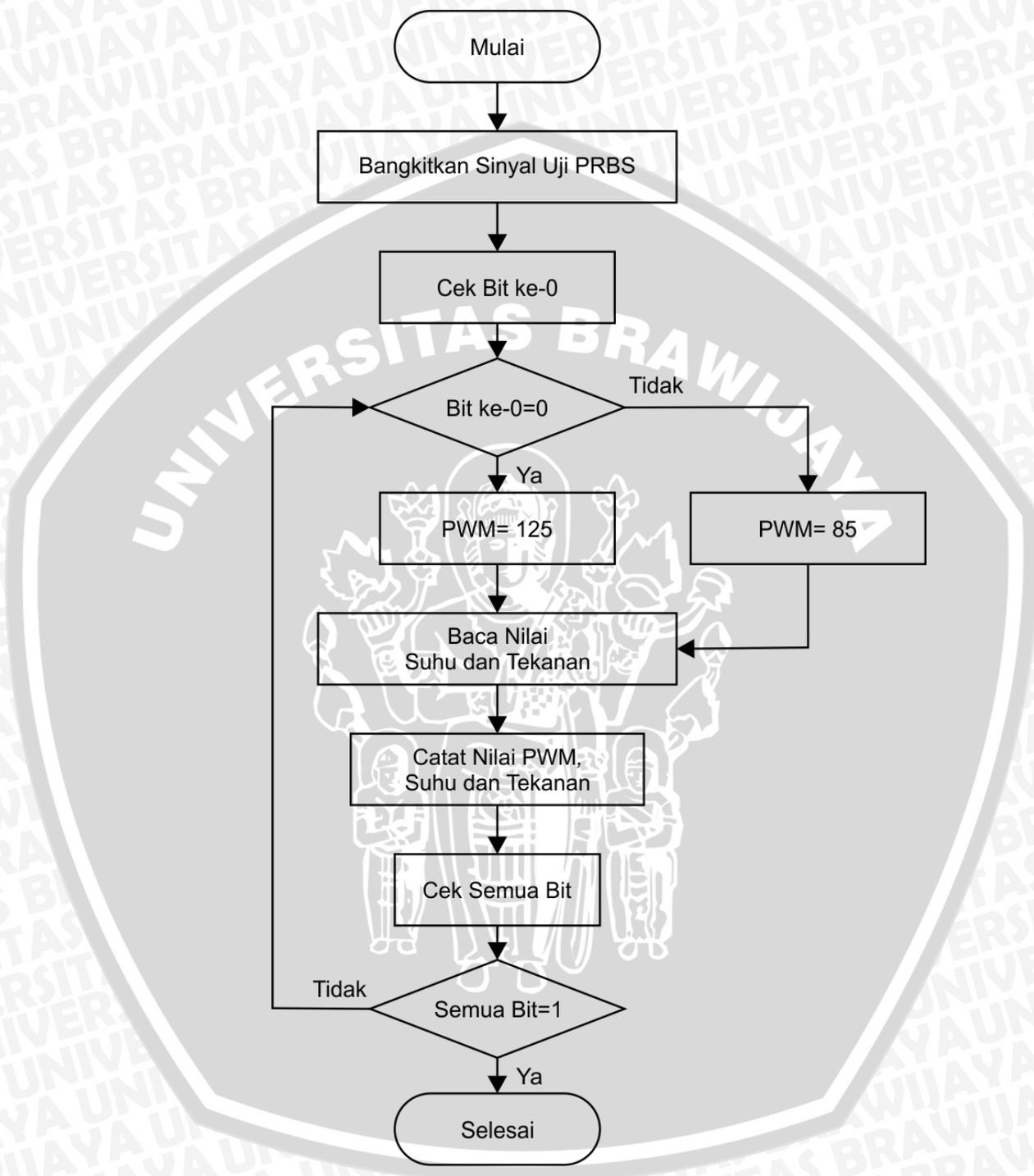
10.	5V	Jalur masukan catu daya 5V
11.	GND	Jalur <i>ground</i>
12.	A0	<i>Output</i> Sensor Tekanan
13.	45	Jalur RPS dari Termokopel
14.	47	Jalur RPS dari Termokopel
15.	49	Jalur RPS dari Termokopel
16.	51	Jalur RPS dari Termokopel
17.	53	Jalur RPS dari Termokopel

#### 4.7. Perancangan Perangkat Lunak

Pada bagian ini ada 2 bagian perangkat lunak, yaitu perangkat lunak untuk pengambilan data *input-output* dan perangkat lunak estimasi parameter dan validasi model menggunakan program pada MATLAB.

##### 4.7.1. Perangkat Lunak Pengambilan Data *Input-Output*

Perangkat lunak pengambilan data *input-output* ini bertugas membangkitkan sinyal uji PRBS, mengambil data respon *plant*, dan mengirimkan hasil pembacaan ke komputer. Agar dapat melaksanakan tugas-tugas tersebut maka perlu diatur waktu kerja dari mikrokontroler (MK). Pertama yang dilakukan MK adalah menyiapkan register sebanyak 8 bit untuk proses pembangkitan sinyal PRBS. Setelah 8 bit register siap maka MK akan memulai membangkitkan sinyal PRBS, namun keseluruhan sekuensial sinyal PRBS tidak langsung terbentuk sekali proses selesai melainkan secara bertahap tiap bit. Setelah isi logika bit ke-8 dari register dikeluarkan di salah satu pin MK selanjutnya MK akan melakukan proses PRBS selanjutnya, namun di antara proses itu MK diberi tugas mengambil data respon *plant* dari ADC dan mengirimkan ke komputer (proses ambil data dan kirim data dilakukan beberapa kali sesuai *delay* waktu yang diinginkan). Setelah rutin ambil data dan kirim data selesai, MK akan melanjutkan proses PRBS. Proses ini akan berulang terus. *Flowchart* nya ditunjukkan oleh Gambar 4.11.

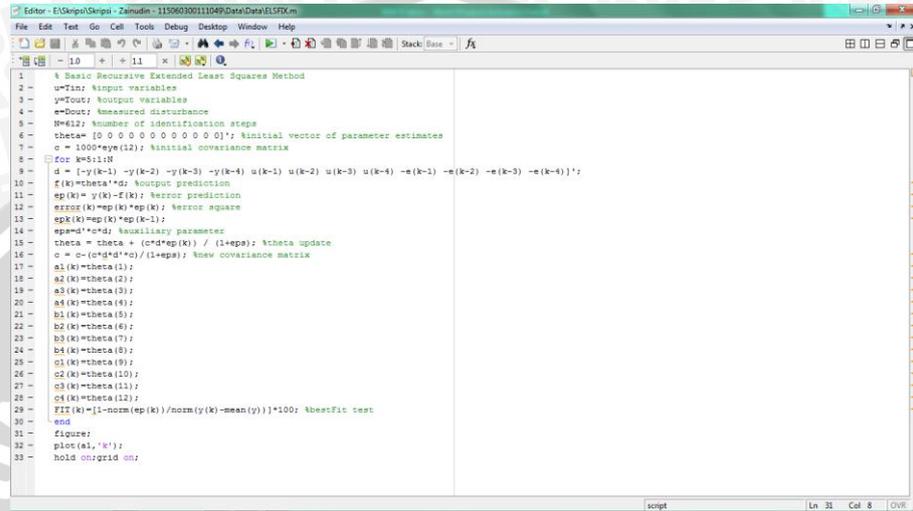


Gambar 4.11. Flowchart Pengambilan Data dengan Sinyal Uji PRBS



#### 4.7.2. Perangkat Lunak MATLAB

Setelah proses pengambilan data *input-output* selesai, maka tahapan berikutnya yakni pemilihan struktur model, estimasi parameter dan validasi model akan diprogramkan pada *software* MATLAB.



```

1 % Basic Recursive Extended Least Squares Method
2 u=Tim; %input variables
3 y=Tout; %output variables
4 e=Dist; %measured disturbance
5 N=M+1; %number of identification steps
6 theta=[0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0]; %initial vector of parameter estimates
7 o = 1000*eye(12); %initial covariance matrix
8 %for h=1:N
9 d = [-y(k-1) -y(k-2) -y(k-3) -y(k-4) u(k-1) u(k-2) u(k-3) u(k-4) -(k-1) -(k-2) -(k-3) -(k-4)]';
10 f(k)=theta'*d; %output prediction
11 ep(k)=y(k)-f(k); %error prediction
12 eerr(k)=ep(k)*ep(k); %error square
13 ep(k)=ep(k)*ep(k-1);
14 epa=d'*e; %auxiliary parameter
15 theta = theta + (e'*ep(k)) / (1+epa); %theta update
16 o = o - (e'*d*d'*e)/(1+epa); %new covariance matrix
17 a1(k)=theta(1);
18 a2(k)=theta(2);
19 a3(k)=theta(3);
20 a4(k)=theta(4);
21 b1(k)=theta(5);
22 b2(k)=theta(6);
23 b3(k)=theta(7);
24 b4(k)=theta(8);
25 c1(k)=theta(9);
26 c2(k)=theta(10);
27 c3(k)=theta(11);
28 c4(k)=theta(12);
29 FIT(k)=(1-norm(ep(k))/norm(y(k)-mean(y)))*100; %bestFit test
30 end
31 figure;
32 plot(a1,'k');
33 hold on;grid on;

```

**Gambar 4.12.** Program ELS pada MATLAB

Diagram alir untuk estimasi parameter dan validasi model telah ditunjukkan pada Gambar 4.9. Seluruh langkah-langkah tersebut akan diprogramkan ke MATLAB seperti pada Gambar 4.12 diatas.