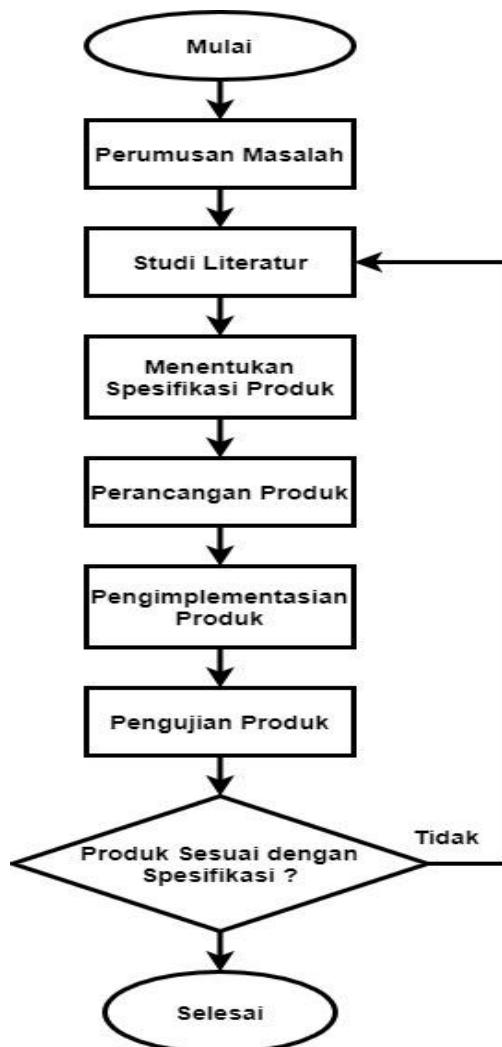


## BAB III

### PERANCANGAN SISTEM

#### 3.1 Metodologi Penelitian

Pada penelitian rancangan alat pengendali suhu pada reaktor kimia berukuran mikro berbasis mikrokontroler Arduino Mega 2560 ini akan diimplementasikan berupa *hardware* yang akan diberi nama CoMoTh MCR yang terdiri dari komponen sensor suhu serta rangkaian elektrik yang dirancang sedemikian rupa sesuai dengan fungsinya. Gambar 3.1 memperlihatkan metodologi yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 3.1 *Flowchart* metodologi penelitian

Penelitian ini diawali dengan melakukan perumusan masalah terkait apa saja yang menjadi kendala pada proses pemanasan zat kimia, lalu akan dirumuskan masalah tersebut serta mencari tahu bagaimana cara untuk memecahkan masalah tersebut untuk dapat diimplementasikan. Selanjutnya penulis akan melakukan studi literatur atau peninjauan terhadap penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai pembuatan, cara kerja dari sistem, serta kelebihan dan kekurangannya. Dengan melakukan *studi* literatur, akan didapatkan informasi untuk bisa mengembangkan alat yang akan dibuat sehingga dapat menjadi lebih baik saat dilakukan implementasi.

Kemudian pada tahapan perancangan akan dilakukan penentuan komponen yang akan digunakan, serta akan mendukung sistem dan cara kerja alat. Selanjutnya adalah tahapan implementasi produk yang dibuat sesuai dengan desain yang telah dirancang sebelumnya. Tahapan terakhir adalah melakukan pengujian dari seluruh komponen yang digunakan serta fungsi dari sistem yang digunakan. Pada tahap ini setiap komponen akan diuji untuk memastikan bahwa komponen dapat berfungsi dengan baik. Pada proses pengujian harus dipastikan bahwa semua komponen yang digunakan telah bekerja dengan baik dan memenuhi spesifikasi yang diinginkan, jika tidak maka proses dari penelitian ini akan kembali lagi pada *studi* literatur mengenai penelitian yang terkait agar sistem dapat sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

### **3.2 Spesifikasi Perancangan dan Implementasi Sistem Kendali**

Adapun spesifikasi perancangan dan implementasi dari sistem kendali yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

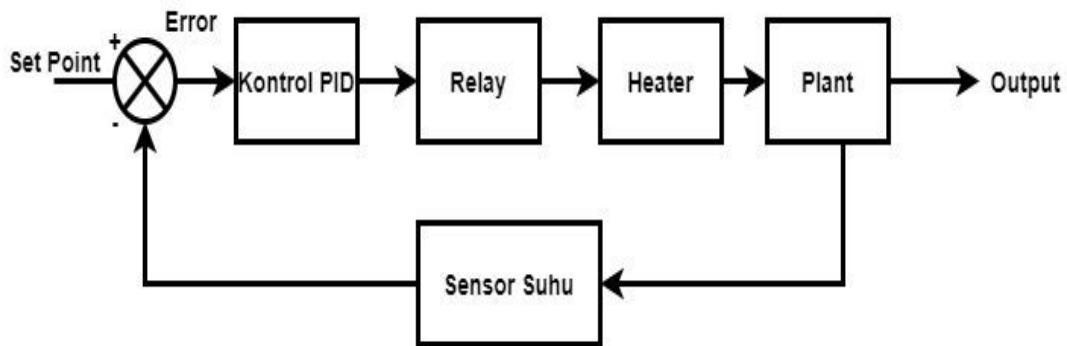
#### **3.2.1 Spesifikasi**

Adapun spesifikasi dari alat ini yaitu:

1. Elemen pemanas yang digunakan pada penelitian ini berupa *band heater*.
2. Sistem pengendalian dapat meminimalisir terjadinya *overshoot*.
3. Sistem mampu bekerja pada tegangan 220VAC dan 5VDC.
4. Pembacaan suhu menggunakan termokopel tipe-K.

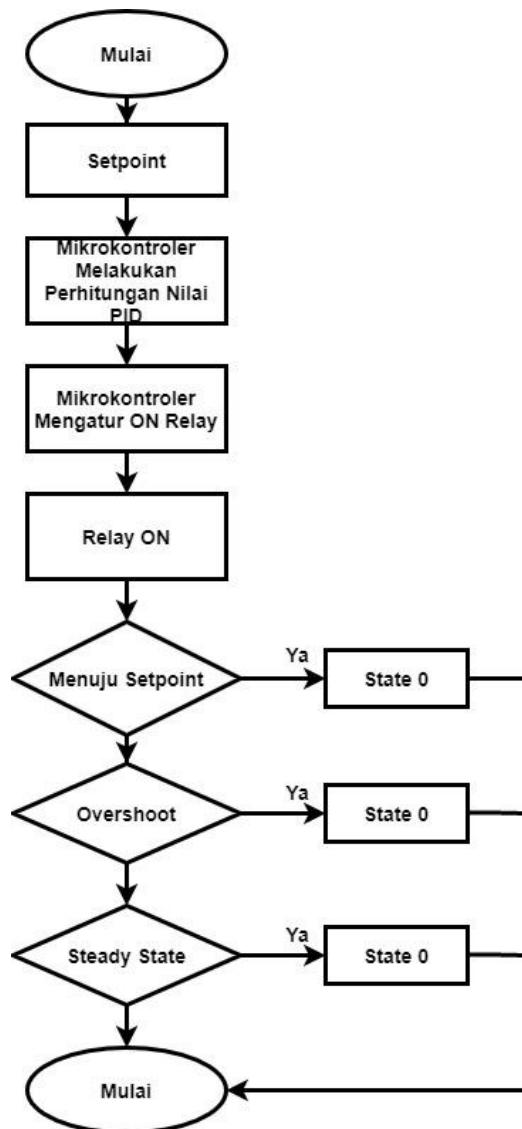
### 3.2.2 Perancangan Sistem Kendali PID

Hal pertama yang dilakukan sebelum melakukan implementasi alat adalah melakukan perancangan sistem terlebih dahulu. Gambar 3.2 Menunjukkan diagram blok sistem kendali pada penelitian ini. Blok diagram ini akan menjelaskan mengenai sistem kontrol berbasis PID yang akan bekerja pada produk yang akan dibuat. *Plant* yang merupakan target yang akan dikendalikan, pada penelitian ini yang berperan sebagai *plant* adalah *heater*. Pada penelitian ini digunakan komponen *solid state relay* (SSR) sebagai *driver* nya, dengan arus maksimal sebesar 10A untuk mengendalikan suhu reaktor dengan cara menentukan waktu *on/off* SSR. Kemudian sensor suhu akan membaca suhu aktual dari heater yang akan dikirimkan ke kontrol PID yang kemudian diolah untuk memerintah *relay* apakah harus *on/off*. Waktu *on/off* SSR dikendalikan dengan menggunakan metode PID dengan rumus yang dapat dilihat pada Persamaan 2.8. Pada penelitian ini digunakan sensor termokopel tipe-K. serta mikrokontroler berupa Arduino Mega 2560. *Heater* yang digunakan berjenis *ceramic band heater* dengan konsumsi daya sekitar 800W yang dapat memanaskan *plant* hingga  $700^{\circ}\text{C}$ . Selanjutnya untuk cara kerja dari sistem kendali PID ini akan disajikan dalam bentuk *flowchart*.



Gambar 3.2 Diagram blok sistem kendali CoMoTh MCR.

Gambar 3.3 menunjukkan *flowchart* sistem yang mana *input set point* pada produk ini merupakan suhu, kemudian nilai tersebut akan dilakukan proses perhitungan dengan menggunakan metode PID. Setelah itu akan dilakukan umpan balik terhadap nilai aktual dengan nilai *set point* yang telah di-*input*-kan untuk menentukan tahap lanjutan yang harus dilakukan.



Gambar 3.3 Flowchart sistem kendali CoMoTh MCR

### 3.2.2 Perancangan Sistem Kendali *Gain Scheduling PID*

Penggunaan metode *gain scheduling PID* akan dapat menyesuaikan nilai parameter PID sesuai dengan nilai beban atau pembacaan suhu oleh sensor. Jika pada pengujian menggunakan kontrol PID dengan menggunakan nilai parameter  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  selalu sama di setiap pengujian nilai *set point* yang berbeda. Namun, dengan menggunakan *gain scheduling PID* maka nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  yang digunakan akan berbeda untuk setiap pengujian nilai *setpoint* yang berbeda. Sebelum melakukan metode *gain scheduling*, perlu didapatkan parameter PID pada nilai *set point* tertentu. Pada penelitian ini akan dilakukan pembagian nilai

*setpoint* atau daerah kerja masing-masing sebesar 100, 150, serta 300°C. Dimana terdapat 3 kondisi dengan nilai parameter PID yang berbeda. untuk dilakukan membaginya menjadi beberapa daerah proses penjadwalan. Pada tahapan perancangan, dilakukan penentuan dari nilai variabel penjadwal (SV) untuk setiap beban atau pembacaan suhu. Tabel 4.7 menunjukkan nilai parameter dari kendali PID yang berbeda tiap kondisi beban atau pembacaan suhu, dimana nilai parameter PID ada yang bernilai besar, sedang, dan kecil yang sesuai dengan penjadwalan atau pembacaan suhu.

Tabel 4.1 Parameter Kendali *Gain Scheduling* PID

Suhu (°C)	K <sub>p</sub>	K <sub>i</sub>	K <sub>d</sub>
Suhu≤SV <sub>1</sub>	Besar	Besar	Sedang
SV <sub>2</sub> >Suhu≤SV <sub>3</sub>	Besar	Sedang	Sedang
SV <sub>4</sub> >Suhu≤SV <sub>5</sub>	Sedang	Sedang	Kecil
SV <sub>6</sub> >Suhu≤SV <sub>7</sub>	Kecil	Kecil	Kecil

### 3.3 Prosedur Pengujian

Pada penelitian ini terdapat tiga pengujian yang dilakukan, diantaranya adalah pengujian akurasi sensor, respon sistem menggunakan kendali *Proportional, Integral, Derivative* (PID), serta respon sistem menggunakan metode *gain scheduling* PID.

#### 3.3.1 Akurasi Sensor

Uji akurasi sensor dilakukan dengan melakukan pengukuran pada beberapa data sampel yang digunakan, prosedur pengujian sensor suhu dapat dilihat pada Tabel 3.1. Pada pengujian ini akan dihitung nilai persentase galat yang dihasilkan dengan membandingkan antara pembacaan sensor dan kamera thermal yang dapat dilihat pada Persamaan 3.1.

$$Galat = \left| \frac{Hasil Pengukuran - Hasil Sensor}{Hasil Pengukuran} \right| \times 100\% \quad (3.1)$$

Tabel 3.1 Prosedur Pengujian Sensor

Pengujian	Prosedur	Parameter Keberhasilan
Termokopel Tipe-K	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memastikan sistem CoMoTh MCR telah aktif.</li> <li>2. Menghubungkan laptop ke sistem CoMoTh MCR menggunakan USB.</li> <li>3. Atur nilai <i>set point</i> pada sistem CoMoTh MCR.</li> <li>4. Membuka serial monitor Arduino IDE pada laptop yang terhubung ke sistem CoMoTh MCR untuk melihat suhu hasil pembacaan sensor.</li> <li>5. Ambil gambar <i>heater</i> dengan menggunakan kamera thermal untuk melihat hasil suhu yang terbaca.</li> <li>6. Catat nilai suhu <i>heater</i> yang terbaca oleh kamera thermal serta sensor termokopel tipe-K.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Data hasil pembacaan suhu reaktor oleh sensor termokopel nilainya akan mendekati nilai hasil pengukuran dengan menggunakan kamera thermal.</li> <li>2. Nilai galat yang dihasilkan masih dibawah batas toleransi yaitu sebesar <math>\pm 10\%</math>.</li> </ol>

### 3.3.2 Kendali Propotional, Integral, Derivative (PID)

Pengujian kendali PID pada sistem CoMoTh MCR ini dilakukan dengan prosedur pengujian secara terstruktur yang ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Prosedur Pengujian Kendali PID

Pengujian	Prosedur	Parameter Keberhasilan
Kendali PID	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lakukan pengujian dengan menentukan <i>set point</i> suhu reaktor sebesar <math>100^0\text{C}</math>,</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dapat mengendalikan panas reaktor sesuai dengan nilai <i>setpoint</i></li> </ol>

	<p>150<sup>0</sup>C, 200<sup>0</sup>C, 250<sup>0</sup>C, dan 300<sup>0</sup>C masing-masing selama 60 menit.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Amati respon sistem yang dihasilkan pada serial plotter ARDUINO IDE.</li> <li>3. Catat hasil keluaran mode sistem yang dieksekusi oleh sistem PID.</li> </ol>	yang di-input-kan.
--	--	--------------------

### 3.3.3 Kendali *Gain Scheduling* PID

Pengujian kendali PID *Gain Scheduling* pada sistem CoMoTh MCR dilakukan dengan prosedur pengujian secara terstruktur yang ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Prosedur Pengujian Kendali *Gain Scheduling* PID

Pengujian	Prosedur	Parameter Keberhasilan
Kendali <i>gain scheduling</i> PID	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lakukan pengujian dengan menentukan <i>set point</i> suhu reaktor sebesar 100<sup>0</sup>C, 150<sup>0</sup>C dan 300<sup>0</sup>C masing-masing selama 60 menit.</li> <li>2. Amati respon sistem yang dihasilkan pada serial <i>plotter</i> ARDUINO IDE.</li> <li>3. Catat suhu yang dihasilkan pada sistem PID <i>Gain Scheduling</i>.</li> <li>4. Bandingkan hasil respon sistem yang dihasilkan dengan kendali PID dengan metode PID <i>Gain Scheduling</i>.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dapat mengendalikan panas reaktor sesuai dengan <i>setpoint</i> sebesar 100<sup>0</sup>C, 150<sup>0</sup>C, dan 300<sup>0</sup>C.</li> <li>2. Dapat mengurangi <i>overshoot</i>.</li> <li>3. Dapat mengubah nilai <i>gain</i> sesuai dengan nilai beban atau suhu yang terbaca oleh sensor.</li> <li>4. Dapat mempercepat waktu naik atau <i>rise time</i>.</li> </ol>