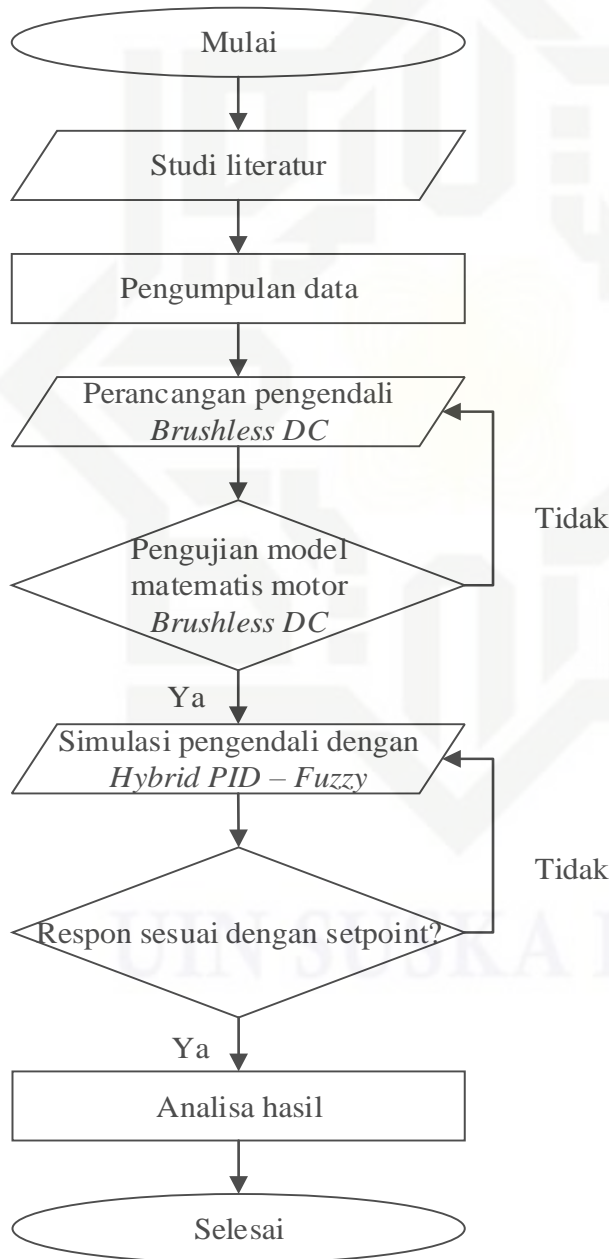


### BAB III

#### METODE PENELITIAN

##### 3.1 Flow Chart Metode Penelitian

Dalam penelitian ini ada beberapa tahap atau langkah-langkah yang penulis lakukan dalam proses perancangan pengendali menggunakan metode *Hybrid Logika Fuzzy* dan PID yang dilakukan menggunakan simulasi Matlab. Adapun tahap perancangan ini dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini :



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Pada *flow chart* alur ini, dimulai dai memulai dengan mengumpulkan studi literatur dan diakhiri dengan analisa dan kesimpulan, atau dapat di jelaskan sebagai berikut :

1. Studi literatur

Melakukan telaah beberapa pustaka terkait baik dari artikel penelitian yang telah dipublikasikan maupun buku yang diterbitkan mengenai pemodelan motor *Brushless DC*, metode kendali pada sebuah motor *Brushless DC*, pengaturan kecepatan motor *Brushless DC*, pengendali *Hybrid Logika Fuzzy* dan PID.

2. Pengumpulan data

Tahap pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data sebelum membuat disain yang diperlukan untuk ketahap selanjutnya. Data yang diperlukan pada penelitian ini adalah nilai parameter untuk mengetahui nilai sebagai rujukan penelitian agar tidak melenceng dari nilai yang sudah diteliti dari jurnal maupun sripsi yang sudah ada sebelumnya.

3. Perancangan pemodelan motor *Brushless DC* pada matlab

Perancangan dilakukan pada aplikasi matlab berdasarkan referensi yang sesuai digunakan pada tugas akhir.

4. Pengujian *plant* motor *Brushless DC*

Pemodelan yang telah diperoleh perlu diuji dengan respon pada *plant* sebelum didesain pengendali. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah pemodelan sudah sesuai dengan referensi dan apakah formulasi yang digunakan sesuai untuk sistem kendali yang akan dibuat.

5. Pemilihan pengendali

Pada Tugas Akhir ini dipilih pengendali *Hybrid Logika Fuzzy* dan PID sebagai kendali yang akan di gabungkan yang akan digunakan pada pengaturan kecepatan motor *Brushless DC*.

6. Desain pengendali

Untuk merancang pengendali *Hybrid Logika Fuzzy* – PID, langkah awal yang harus dilakukan adalah menentukan fungsi keanggotaan untuk *error* dan *delta error* melalui metode *heuristik*. *Error* dan *delta error* yang didapat digunakan sebagai inputan dari *Fuzzy*. setelah itu menetapkan nilai dari  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$ , pada pengendali PID dengan menggunakan metode *heuristik*.

7. Membuat program simulasi untuk pengujian pengendali yang didesain Melakukan serangkaian simulasi pengujian untuk mengetahui kinerja dan ketahanan sistem.

8. Analisis hasil pengujian Melakukan analisis hasil pengujian dan mengklarifikasi hasil tersebut terhadap tujuan yang telah ditetapkan. Apabila telah memenuhi tujuan berarti penelitian telah berhasil, dan apabila belum memenuhi maka perlu dikaji lebih lanjut.

9. Kesimpulan Jika hasil evaluasi menunjukkan bahwa tujuan penelitian telah tercapai maka akan ditarik kesimpulan untuk menegaskan gagasan yang diusulkan telah selesai dilaksanakan dan memenuhi tujuan penelitian.

### 3.2 Pemodelan Motor *Brushless* DC

Berdasarkan persamaan 2.31 *transfer function* dapat dicari dengan dimasukkan nilai-nilai parameter motor BLDC pada tabel 2.1 sebagai berikut:

$$R\phi = 1.1\Omega$$

$$J = 82.5 \text{ gcm}^2 = 8.25 \times 10^{-6} \text{ kgm}^2$$

$$K_t = 24.5 \text{ mNm/A} = 24.5 \times 10^{-3} \text{ Nm/A}$$

$$\tau_m = 16.1 \text{ Ms} = 0.0161 \text{ ms}$$

$$\tau_m = \frac{3 \cdot R\phi \cdot J}{K_e K_t} = 0.0161 \text{ s}$$

$$K_e = \frac{3 \cdot R\phi \cdot J}{\tau_m K_t}$$

$$K_e = \frac{3 \cdot 1.1 \cdot 8.25 \times 10^{-6}}{0.0161 \cdot 24.5 \times 10^{-3}}$$

$$K_e = \frac{0.000027225}{0.00039445}$$

$$K_e = 0.06902$$

$$\tau_e = \frac{L}{3 \cdot R\phi}$$

$$\tau_e = \frac{0.50 \times 10^{-3}}{3 \cdot 1.1}$$

$$\tau_e = 151.5 \times 10^{-6}$$

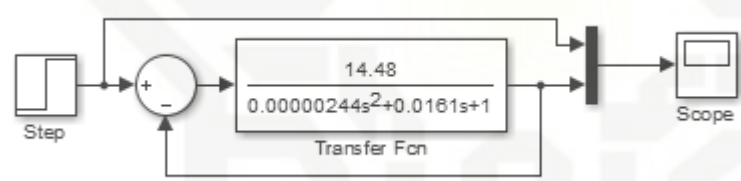
$$G(s) = \frac{\frac{1}{k_e}}{\tau_m \cdot \tau_e \cdot s^2 + \tau_m \cdot s + 1}$$

$$G(s) = \frac{1}{0.06902} \cdot \frac{1}{0.0161 \cdot 151.5 \times 10^{-6} \cdot s^2 + 0.0161 \cdot s + 1}$$

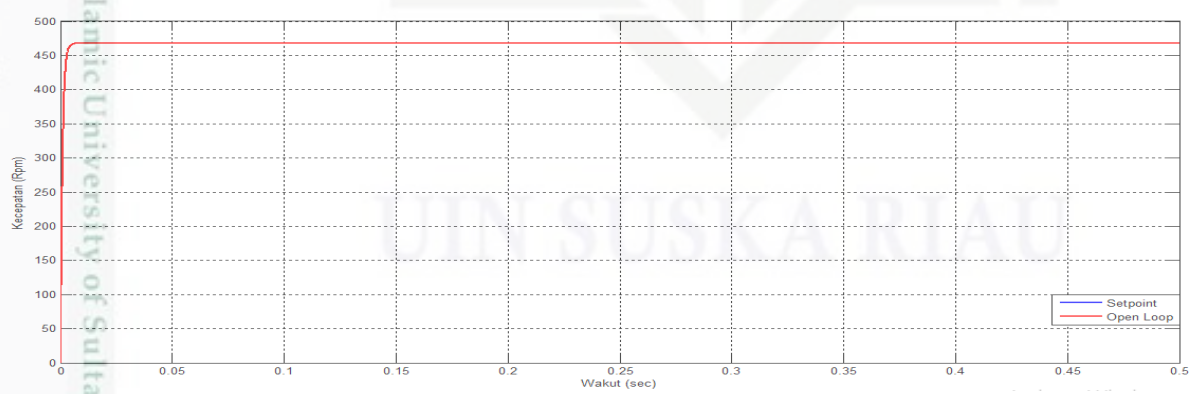
$$G(s) = \frac{14.48}{2.44 \times 10^{-6} \cdot s^2 + 0.0161 \cdot s + 1}$$

### 3.3 Pengujian Plant Motor DC

Pengujian *plant* motor DC dilakukan menggunakan perangkat lunak *Simulink Matlab 7.8.0 R2009a* dengan *time sampling* 0.5 detik, blok diagram simulasi pengujian dilakukan secara *open loop* pada *plant* motor *Brushless DC* digambarkan seperti pada gambar 3.3 berikut ini:



Gambar 3.2. Blok simulink diagram blok motor *Brushless DC*



Gambar 3.3. Grafik Respon plan simulasi tanpa pengendali

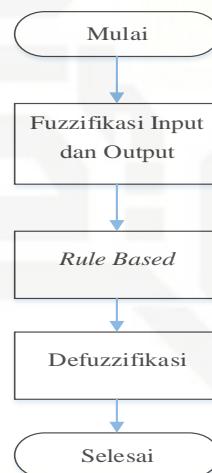
Dari hasil simulasi kita dapat melihat pada gambar 3.3 respon brushless tanpa ada pengendali ketika diberi setpoin 500.



### 3.4 Perancangan Kendali Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* dapat mengatasi dinamika proses yang rumit dan kompleks, hal ini bisa didapat tanpa harus mengetahui model matematika seperti pada logika konvensional. Gagasan kuncinya adalah mengembangkan suatu kerangka yang variabel utamanya ketidakpastian presisi (*Imprecision*). Dimana suatu fungsi yang mengekspresikan derajat kepemilikan suatu himpunan dilambangkan terhadap suatu harg. Logika *fuzzy* mengolah informasi dari variabel numerik menjadi variabel linguistik. Dalam hal ini logika *fuzzy* dirancang untuk mengatur kecepatan motor BLDC dengan memanipulasi variabel kecepatan dan masukan berupa *error* dan *delta error*. Berikut diagram blok dari logika *fuzzy*.

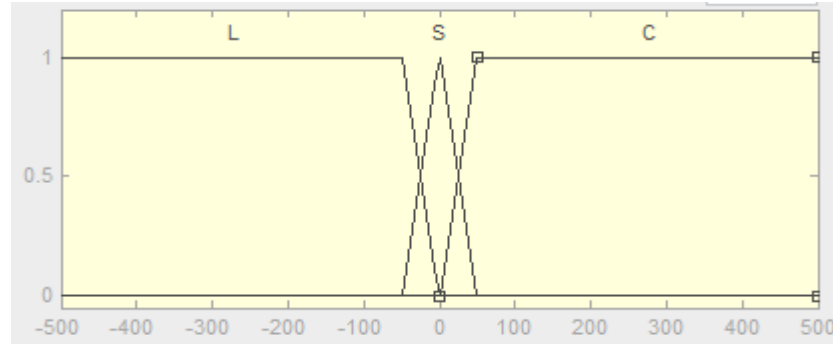
Nilai kebenaran atau kesalahan tergantung pada bobot keanggotaan atau fungsi keanggotaan (*membership function*). Perancangan struktur *fuzzy* pada Matlab Simulink dilakukan dengan melakukan perubahan nilai rentang dan bentuk dari fungsi keanggotaan yang digunakan, baik masukan maupun keluaran. Karakteristik yang umum dipergunakan dalam suatu pengendalian sistem adalah stabilitas, sensitivitas, kecepatan tanggapan, dan akurasi. Dan berikut perancangan kendali logika *fuzzy*.



Gambar 3.4 Flowchart perancangan kendali *fuzzy*

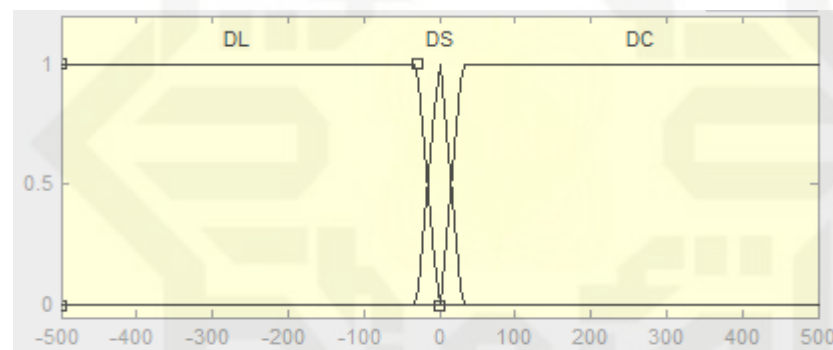
#### 3.4.1 Fuzzifikasi

Pada perancangan ini digunakan nilai *error* dan *delta error* sebagai *input* yaitu kecepatan dan *ouputnya* adalah tegangan. Dalam proses fuzzifikasi, perlu ditentukan bentuk dan batasan fungsi keanggotaan (*membership function*) *input* dan *output* pengendali. Bentuk fungsi keanggotaan *input* dan *output* yang dipakai pada perancangan ini adalah bentuk segitiga (*triangle*). Pada penelitian ini penulis akan menggunakan metode kendali logika sugeno dengan *rule base* yaitu 3x3.



Gambar 3.5 Membership function error

Gambar diatas ini memperlihatkan fungsi keanggotaan input dari tiga himpunan fuzzy yaitu Lambat, Sedang, dan Cepat dengan masing masing berbentuk segitiga. Rentang untuk himpunan fuzzy Lambat yaitu -500 -500 -50 0, untuk himpunan fuzzy Sedang yaitu -50 0 50, dan untuk himpunan Cepat yaitu 0 50 500



Gambar 3.6 Membership function D.Error

Gambar diatas memperlihatkan fungsi keanggotaan input D.Error terdiri dari tiga himpunan fuzzy yaitu D.Lambat, D.Sedang dan D.Cepat dengan masing masing berbentuk segitiga. Rentang untuk himpunan fuzzy D.Lambat yaitu -500 -500 -30 0, untuk himpunan fuzzy D.Sedang yaitu -30 0 30 dan untuk himpunan fuzzy D.cepat yaitu 0 30 500 500.

### 3.4.2 Rule Base

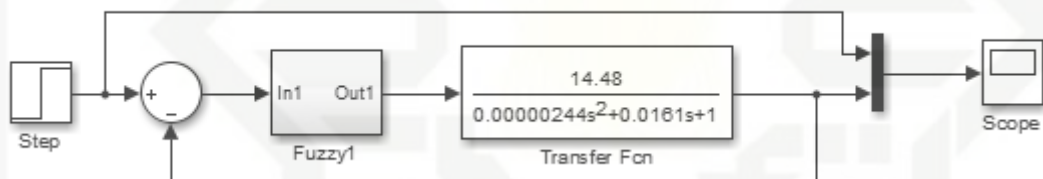
Evaluasi aturan adalah proses mengevaluasi derajat keanggotaan setiap fungsi keanggotaan input kedalam *rule base* yang telah ditetapkan. Pada penelitian ini penulis menggunakan 3 variasi masukan.

Tabel 3.1 Rule Base

<i>E / De</i>	<i>d.Lambat</i>	<i>d.Sedang</i>	<i>d.Cepat</i>
<i>Lambat</i>	Normal	Pelan	Normal
<i>Sedang</i>	Normal	Normal	Normal
<i>Cepat</i>	Normal	Normal	Cepat

### 3.4.3 Defuzzifikasi

Proses defuzzifikasi yang dilakukan pada penelitian ini yaitu model sugeno, digunakan metode *weighted average*, metode ini paling sering digunakan dalam kendali logika *fuzzy* karena efisien, tapi sayangnya metode ini tidak bisa merubah-ubah *range output*.



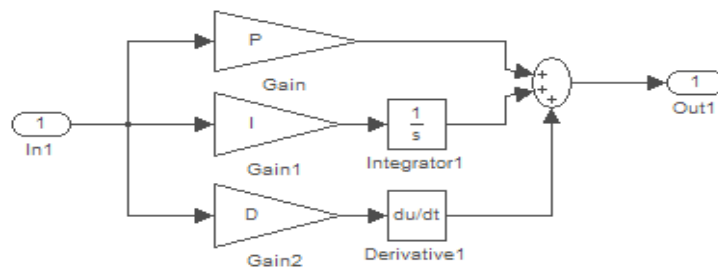
Gambar 3.7 Blok diagram simulink brushless menggunakan pengendali *fuzzy*

### 3.5 Perancangan Kendali PID

Perancangan kendali PID pada tugas akhir ini menggunakan metode heuristik untuk menentukan parameter *propotional*, *integral* dan, *derivative*



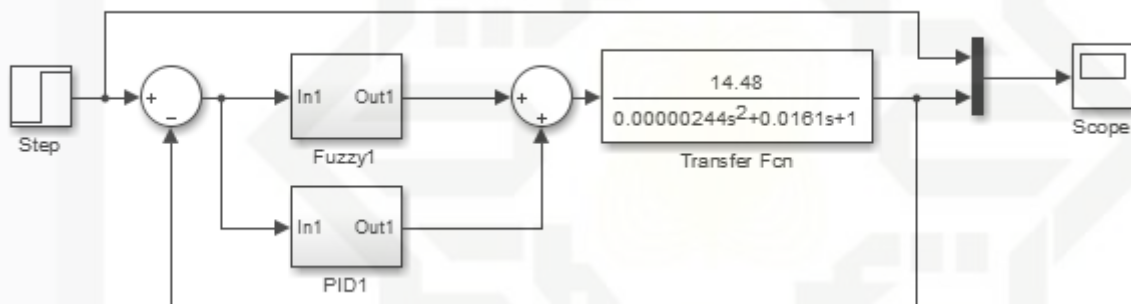
Gambar 3.8 Blok diagram simulink brushless DC menggunakan pengendali PID



Gambar 3.9 subsistem pengendali PID

### 3.6 Perancangan Kendali Hybrid Logika FUZZY – PID

Kendali Hybrid Logika Fuzzy - PID merupakan penggabungan kendali logika fuzzy pada gambar 3.7 dan kendali PID pada gambar 3.8. Pada jenis kendali ini kendali utamanya adalah kendali logika fuzzy, sedangkan kendali PID berfungsi untuk memperbaiki respon sistem.



Gambar 3.10 Blok diagram simulink brushless dc menggunakan hybrid Logika Fuzzy – PID

### 3.7 Analisa Data

Pengujian dilakukan dengan cara simulasi. Simulasi dilakukan untuk mengetahui performansi sistem motor BLDC sebelum diimplementasikan pada sistem yang sebenarnya. Dari hasil simulasi dapat diperoleh analisis mengenai pengendali dalam mencapai karakteristik respon yang diinginkan. Adapun analisa akan yang dilakukan yaitu menganalisa motor brushless dc apabila menerima gangguan, hasil simulasi tersebut akan di tampilkan pada bab IV berupa grafik dan hasil analisa.