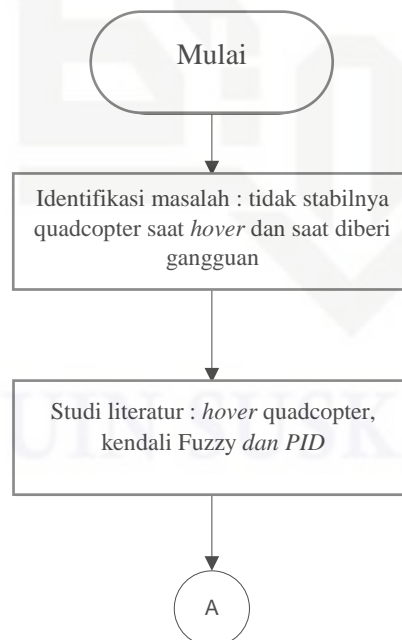


- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB III

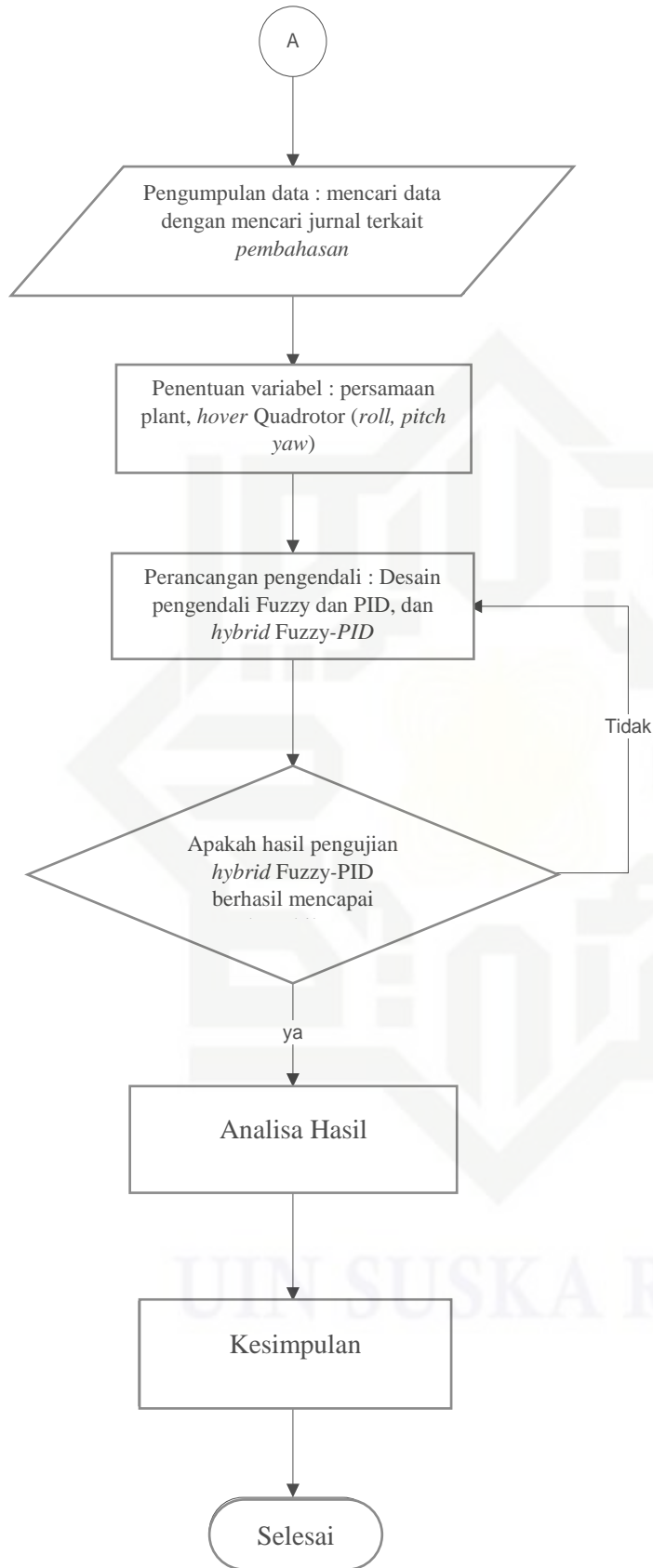
METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang akan dilakukan adalah jenis penelitian simulasi. Penelitian ini akan menjelaskan tentang sistem dari *hover* Quadcopter yang menggunakan sistem kendali *Hybrid* Fuzzy-PID untuk membuat Quadcopter tetap bisa menuju sudut posisi dan mempertahankannya dengan stabil atau konstan. Sistem ini akan disimulasikan menggunakan *software* MATLAB. Sebelum dilakukan pengujian terhadap *hover* Quadcopter pertama dilakukan identifikasi masalah, pada Quadcopter terdapat masalah pada saat *hover* yang tidak stabil terutama apabila diberi gangguan. Selanjutnya *study* literatur dengan mencari informasi tentang *hover* Quadcopter serta metode penyelesaian masalah dari Quadcopter. Jika telah dilakukan uji secara *open loop* pada sistem selanjutnya perancangan pengendali, pertama mendesain kendali Fuzzy lalu *tuning* kendali PID. Setelah itu menggabungkan pengendali Fuzzy dan PID. Sistem ditambahkan pengendali dan dilakukan pengujian, jika hasil mencapai *setpoint* maka bisa dilakukan analisa hasil, tetapi jika tidak mencapai atau jauh dari *setpoint* maka dilakukan perancangan kembali pada pengendali sistem



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

Agar dapat mencapai tujuan yang diharapkan, maka adapun tahapan yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Keterangan Gambar alur penelitian :

1. Identifikasi Masalah

Identifikasi Masalah: hal yang pertama dilakukan adalah menentukan permasalahan yang akan diangkat pada Tugas Akhir ini, masalah yang ingin diselesaikan adalah tidak stabilnya posisi *hover* pada Quadcopter apalagi saat diberi gangguan.

2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan bahan-bahan dan referensi yang berhubungan dengan penyelesaian permasalahan yang ditemukan meliputi sistem *Hover* Quadcopter, Pengendali Fuzzy, *proportional*, *integral*, *derivative*(PID) dan *Hybrid* Fuzzy-PID.

3. Pengumpulan Data

Persamaan *plant* diperoleh berdasarkan data yang telah dikumpulkan yaitu berupa sudut *roll*, *pitch*, *yaw* dalam keadaan *hover* dan kemudian menentukan nilai t_s , t_r , t_d , dan e_{ss} dari hasil simulasi menggunakan *software* Matlab.

4. Perancangan pengendali

Perancang pengendali dimulai dengan merancang pengendali Fuzzy kemudian PID. Lalu melakukan kombinasi pengendali Fuzzy dan *Proportional*, *Integral*, *Derivative* (PID).

5. Analisa hasil

Melakukan analisis hasil pengujian dan mengklarifikasi hasil tersebut terhadap tujuan yang telah ditetapkan. Apabila telah memenuhi tujuan berarti penelitian telah berhasil.

6. Kesimpulan

Setelah semua tahap dilakukan dan didapatkan hasil dengan tujuan yang telah tercapai maka akan ditarik kesimpulan guna untuk mempertegas dan memperjelas bahwa gagasan yang diusulkan atau dikerjakan dalam bentuk penelitian telah selesai dilaksanakan.

3.1 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan dengan review jurnal dan mencari masalah dari penelitian sebelumnya yang akan dijadikan rujukan. Dijurnal rujukan membahas tentang *hover* Quadcopter, dimana *hover* sangat perlu untuk dikendalikan untuk mencapai kestabilan *hover* yang diinginkan. Masalah yang ditemukan adalah saat diberi gangguan pada *hover* Quadcopter membutuhkan waktu 30 detik untuk kembali stabil ke keadaan stabilnya, dan dari jurnal lain juga ditemukan mengalami overshoot. Jadi Tugas Akhir ini bertujuan menstabilkan *hover* Quadcopter walau diberi gangguan dan mengurangi overshoot dan error. Dengan membatasi masalah pada plant yaitu sudut rotasi plant Quadcopter.

3.2 Studi Literatur

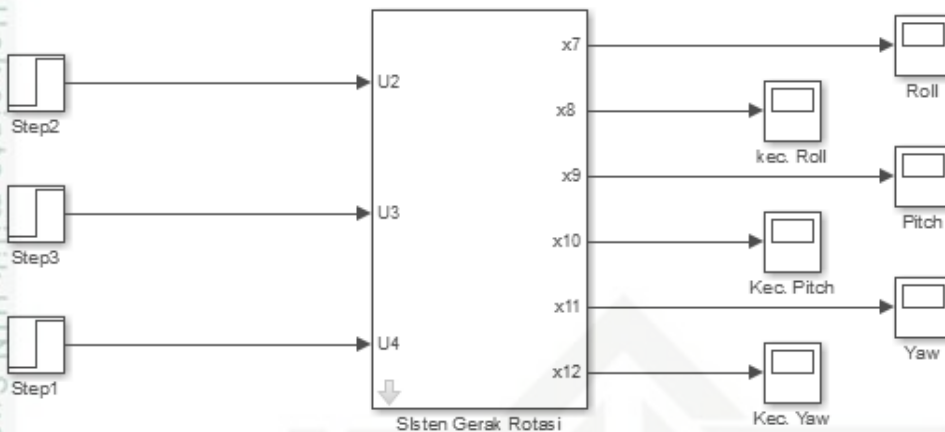
Melakukan studi literatur dengan mencari sumber-sumber terkait materi yang dibahas dalam Tugas Akhir ini yaitu plant Quadcopter yang membahas sistem gerak *hover* (*roll, pitch, yaw*). Kemudian mempelajari pengendali yang digunakan pada plant tersebut yaitu kendali Fuzzy dan kendali konvensional *proportional, integral, derivative* (PID). Menggabungkan kedua pengendali tersebut untuk mendapatkan hasil yang lebih bagus.

3.3 Pengumpulan Data

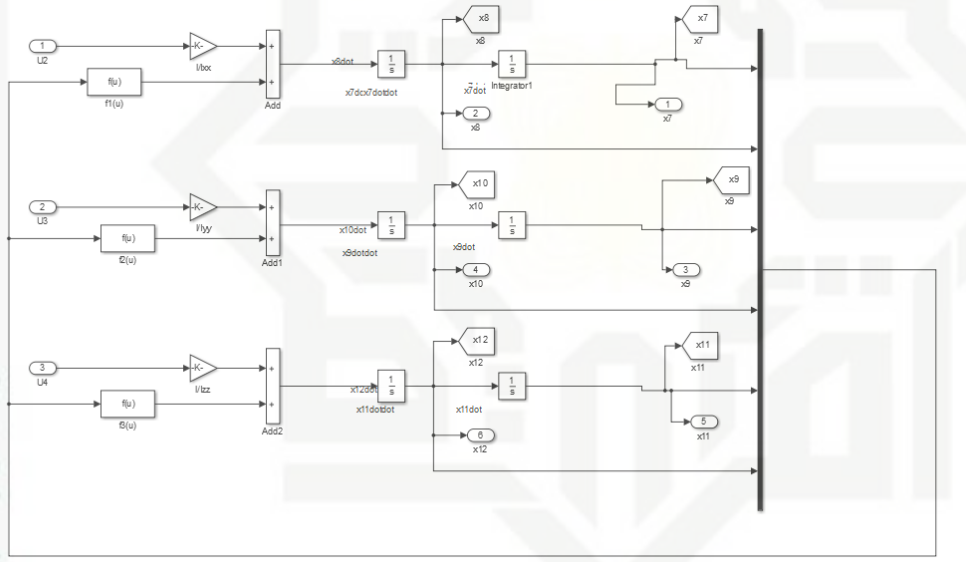
Pengambilan data pada tugas akhir ini dengan mencari persamaan dari *hover* Quadcopter dengan mencari jurnal rujukan. Didapati persamaan yaitu sudut rotasi *hover* Quadcopter, yang kemudian akan diberi pengendali dan dianalisa.

3.3.1 Simulasi *Open Loop* Quadcopter

Pada bab 2 telah dijelaskan bahwa Quadcopter memiliki 3 sudut yaitu *roll, pitch, yaw*. dan Ketiga ini telah didapat persamaan matematisnya seperti persamaan 2.45 dan kemudian diimplementasikan pada blok simulink dengan konfigurasi plant secara open loop.



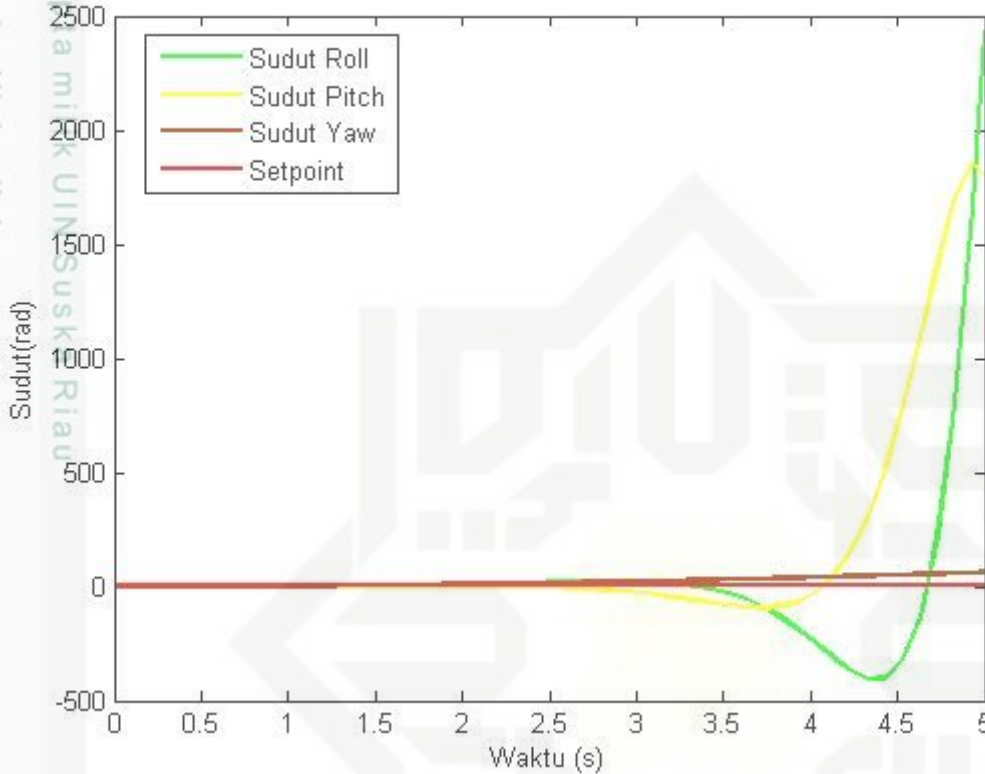
Gambar 3.2. Diagram blok Simulink sudut roll, pitch, yaw Quadcopter secara open loop



Gambar 3.3. Diagram Blok Simulink Sistem Gerak Rotasi

Gambar 3.3 diatas merupakan Blok Simulink Sistem Gerak Rotasi merupakan hasil dari persamaan 2.45 aitu berupa perepatan sudut. Kemudia diberikan integral sekali untuk mengubahnya menjadi kecepatan sudut dan diintegrasikan lagi untuk mendapatkan posisi sudut gerak rotasi. Proses integral tidak diberikan *initial condition* karena simulasi yang dilakukan saat sistem rotasi Quadcopter dalam keadaan awal yaitu tidak bergerak atau 0 rad. Setelah selesai merancang blok simulink tersebut, maka *software* simulink pada

Matlab disimulasikan dan didapatkan grafik hasil keluaran *open loop* sistem seperti pada gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.4 Grafik respon keluaran *open loop* sudut roll, pitch yaw Quadcopter

Gambar 3.4 diatas dapat dilihat bahwa ketiga sudut roll, pitch, yaw menuju nilai yang tak berhingga walaupun telah diberi sudut setpoint yaitu 0.1 rad. Dapat disimpulkan bahwa plant Quadcopter memiliki karakteristik plant non linier yang mengakibatkan respon keluaran yang tidak stabil. Sehingga perlu untuk dilakukan perancangan pengendalian agar respon keluaran plant menjadi stabil.

3.4 Perancangan Pengendali Fuzzy

Pada penelitian tugas akhir ini pengendali Fuzzy yang digunakan yaitu menggunakan metode Fuzzy sugeno. Untuk merancang pengendali Fuzzy diperlukan 3 tahapan yaitu :

3.4.1 Fuzzyfikasi

Pada perancangan tugas akhir ini yang menjadi masukan dari kontrol logika Fuzzy ini adalah error dan delta error. Nilai error sistem pada penelitian ini didapat dari persamaan berikut :

$$Error = SP - PV \tag{3.1}$$

Dimana :

SP (*setpoint*) = Masukan nilai yang diinginkan

PV (*present value*) = nilai aktual / nilai respon *steady state* saat ini

Dan untuk mendapatkan nilai *delta error* sistem mengikuti persamaan berikut :

$$Delta\ error = Error(n) - Error(n-1) \tag{3.2}$$

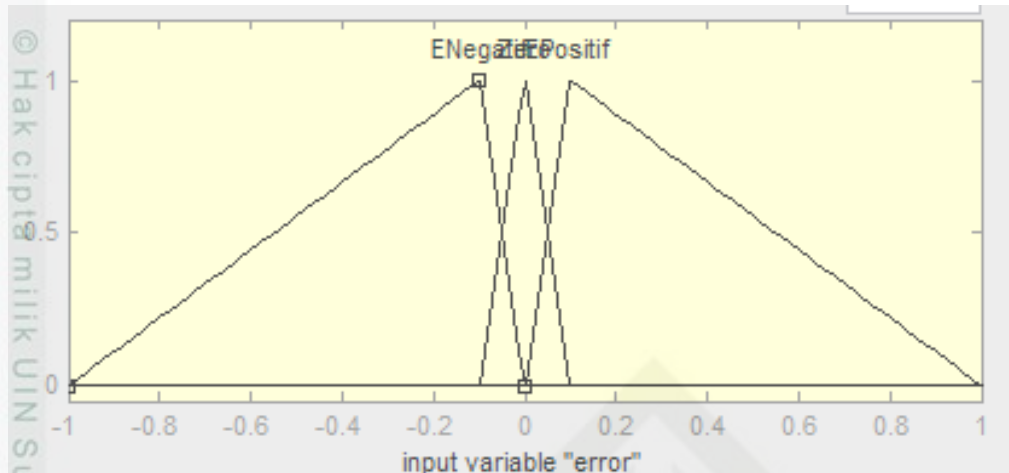
Dimana :

$Error(n)$ = *error* saat ini

$Error(n-1)$ = *error* sebelumnya

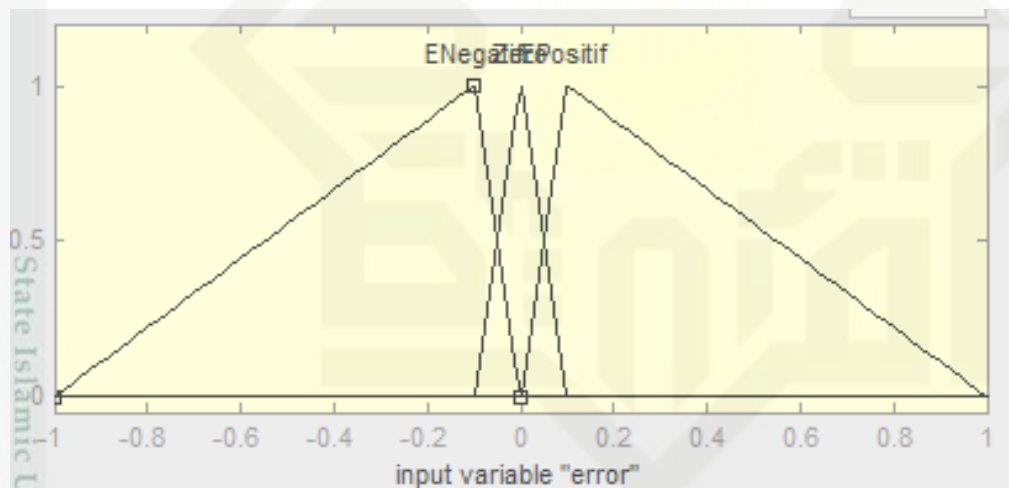
Error merupakan selisih antara posisi sudut referensi yang di inginkan (*setpoint*) dengan posisi sudut aktual Quadcopter. Perubahan *error* merupakan selisih *error* sekarang dengan *error* sebelumnya. Perancangan ini menentukan himpunan Fuzzy dan Fuzzyfikasi. Fungsi keanggotaan Fuzzy yang digunakan yaitu segitiga (*triangle*) dan trapesium (*trapezium*). Himpunan Fuzzy terdiri dari dua variabel masukan yaitu *error* dan *delta error* dan satu variabel keluaran. *Output* dari kontrol logika Fuzzy ini adalah aksi dari kontrol U. Langkah selanjutnya yang akan dilakukan adalah menentukan fungsi keanggotaan (*membership function*).

Posisi sudut Quadcopter yang dikendalikan harus mencapai *setpoint* sebesar 0.1 rad. Variabel masukan *error* akan bernilai negatif jika posisi sudut berada diatas nilai *setpoint* yang diinginkan dan bernilai positif jika posisi sudut Quadcopter dibawah *setpoint*. Fungsi keanggotaan *error* memiliki jangkauan -1 rad hingga 1 rad karena Quadcopter hanya dapat menstabilkan posisinya sampai 1 radian. Fungsi keanggotaan *error* terdiri dari tiga yaitu EN (*ErorNegatif*), Z (*zero*) dan EP (*ErorPositif*).



Gambar 3.5 Fungsi keanggotaan *input error*.

Untuk fungsi keanggotaan *delta error* juga memiliki jangkauan -1 rad hingga 1 rad. Fungsi keanggotaan *delta error* terdiri dari tiga yaitu DEN (*DeltaErrorNegative*), Z (*zero*) dan DEP (*DeltaErrorPositive*).



Gambar 3.6 Fungsi keanggotaan input *delta error*

Sedangkan untuk variabel keluaran juga memiliki tiga fungsi keanggotaan sebagai aksi kontrol U dalam mengendalikan posisi sudut Quadcopter yang terdapat pada gambar 3.7 berikut :



Gambar 3.7 Fungsi keanggotaan *output* Fuzzy

3.4.2 Perancangan Aturan Logika Fuzzy(*Rules Base*)

Dasar pembuatan *Rules base* ini sebagai pengambil keputusan keluaran dari logika Fuzzy, berikut tabel perancangan *Rules base* untuk pengendalian sudut pada Quadcopter.

Tabel 3.1 *Rules base* pengendali Fuzzy

<i>Error</i>	<i>Negative</i>	<i>Zero</i>	<i>Positive</i>
<i>Delta Error</i>			
<i>Negative</i>	<i>LargeNegative</i>	<i>SmallNegative</i>	<i>Zero</i>
<i>Zero</i>	<i>SmallNegative</i>	<i>Zero</i>	<i>SmallPositive</i>
<i>Positive</i>	<i>Zero</i>	<i>SmallPositive</i>	<i>LargePositive</i>

Keterangan :

If Error N and Delta Error N Then LargeNegative

If Error N and Delta Error Z Then SmallNegative

If Error N and Delta Error P Then Zero

If Error Z and Delta Error N Then SmallNegative

If Error Z and Delta Error Z Then Zero

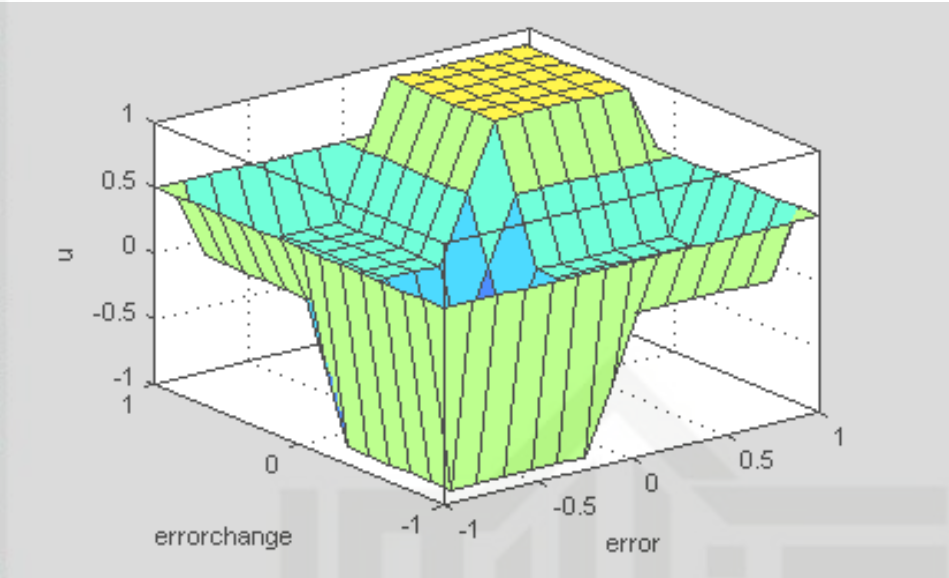
If Error Z and Delta Error P Then SmallPositive

If Error P and Delta Error N Then Zero

If Error P and Delta Error Z Then SmallPositive

If Error P and Delta Error P Then LargePositive

Berikut bentuk pengendali Fuzzy berdasarkan *Rules* diatas



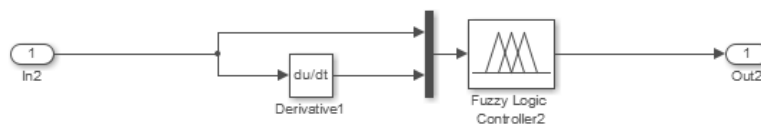
Gambar 3.8 Bentuk *surface* pengendali Fuzzy

3.4.3 Mekanisme *inference*

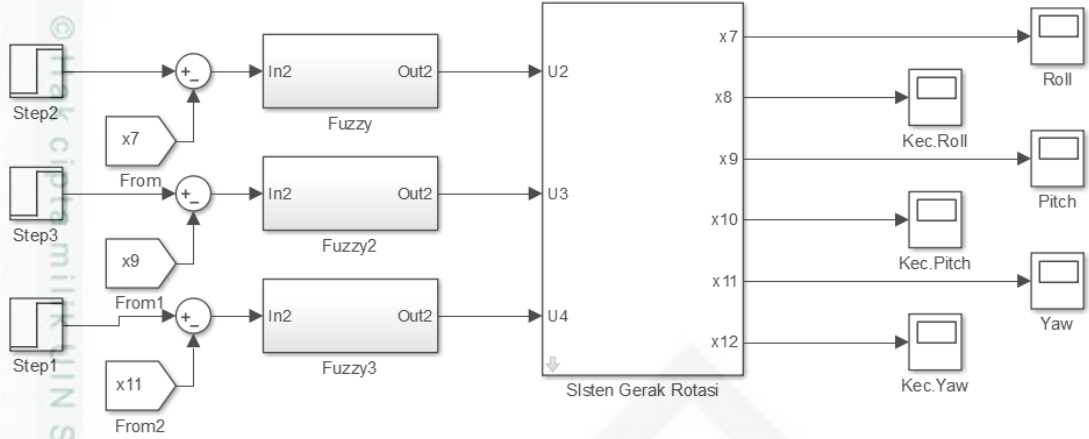
Mekanisme *inference* pada perancangan ini terdiri dari dua tahap, yaitu : evaluasi aturan dan agregasi dari output *Rules*. Pada tahap evaluasi aturan, input yang telah difuzzifikasi diaplikasikan ke *antecedent* dari *FuzzyRules*. Jika *FuzzyRules* memiliki lebih dari satu input, maka operator Fuzzy (*AND* atau *OR*) digunakan untuk mendapatkan nilai tunggal yang menyatakan hasil dari evaluasi *antecedent*. Pada perancangan ini digunakan operator Fuzzy *AND* untuk mengevaluasi *antecedent*.

3.4.4 Perancangan Pengendali Fuzzy pada MATLAB

Perancangan pengendali Fuzzy didesain menggunakan *Fuzzy Logic Toolbox* (FLT) yang ada pada MATLAB. Setelah pengendali logika Fuzzy dirancang, selanjutnya dilakukan pembuatan diagram blok Simulink *hover* Quadcopter menggunakan pengendali Fuzzy. Gambar 3.18 memperlihatkan perancangan blok diagram pergerakan *hover* menggunakan pengendali Fuzzy pada Simulink MATLAB.



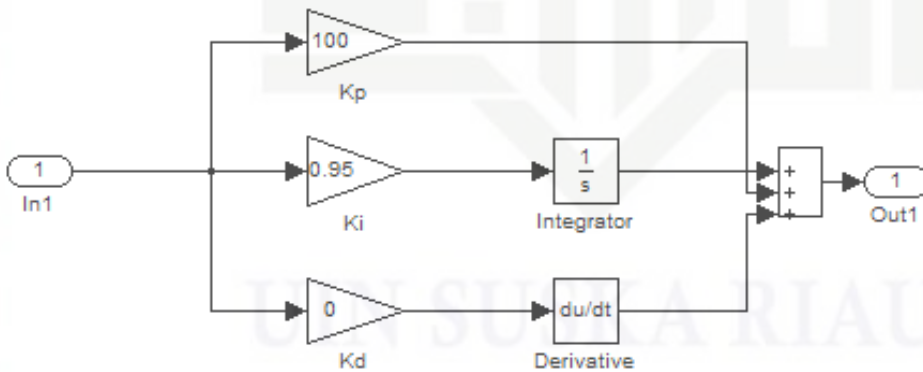
Gambar 3.9 Diagram Blok *Sub System* Fuzzy Logic



Gambar 3.10 Diagram Blok *Simulink* sistem Quadcopter *hover* sudut *roll*, *pitch* dan *yaw* dengan Pengendali Fuzzy

3.5. Merancang Pengendali (*Proportional, Integral and Derivative*)PID

Pada perancangan tugas akhir ini pengendali Fuzzy akan di *hbrid* dengan PID, dan metode penalaan pengendali PID adalah dengan menggunakan metode *heuristic*, yaitu dengan melakukan uji coba nilai K_p , K_i dan K_d sehingga mendapatkan respon sistem yang diinginkan.



Gambar 3.11 Diagram Blok *Sub System* PID

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

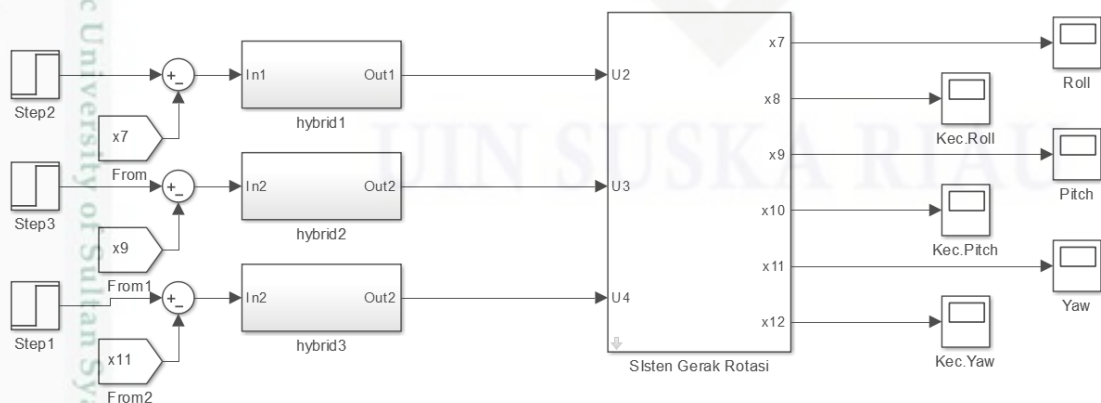
Tabel 3.2. *Tuning* Parameter Nilai Kp, Ki, Kd PID dengan Metode *Heuristic*

	Roll			Pitch			Yaw		
Kp	Ki	Kd	Kp	Ki	Kd	Kp	Ki	Kd	
1	-	-	1	-	-	1	-	-	
35	5	-	25	3	-	25	5	-	
35	5	1	25	3	5	25	10	2	
70	10	2	50	2	5	50	20	4	
70	15	3	100	1	10	100	20	4	

Tabel diatas didapat dengan *tuning* metode *heuristic* yaitu dengan uji coba nilai PID. Didapat kestabilan dengan nilai Kp, Ki dan Kd untuk sudut *Roll* yaitu Kp = 70, Ki = 15 dan Kd = 3. Untuk sudut *Pitch* dengan nilai Kp = 100, Ki = 1 dan Kd = 10, sednagkan untuk sudut *Yaw* dengan Kp = 100, Ki = 20 dan Kd = 4.

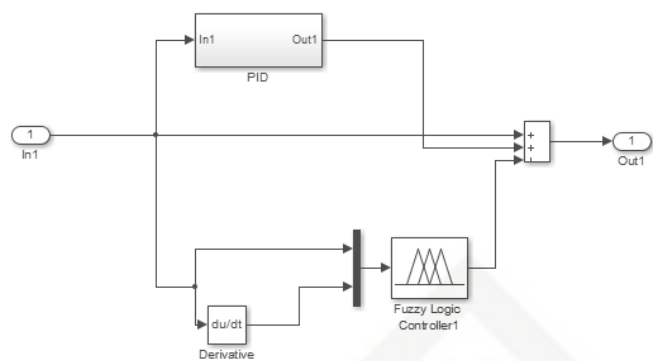
3.6. Perancangan Kendali *Hybrid Fuzzy-PID*

Kendali *Hybrid Fuzzy-PID* merupakan penggabungan dari kendali Fuzzy dan kendali PID seperti ditunjukkan pada gambar 3.13 berikut :



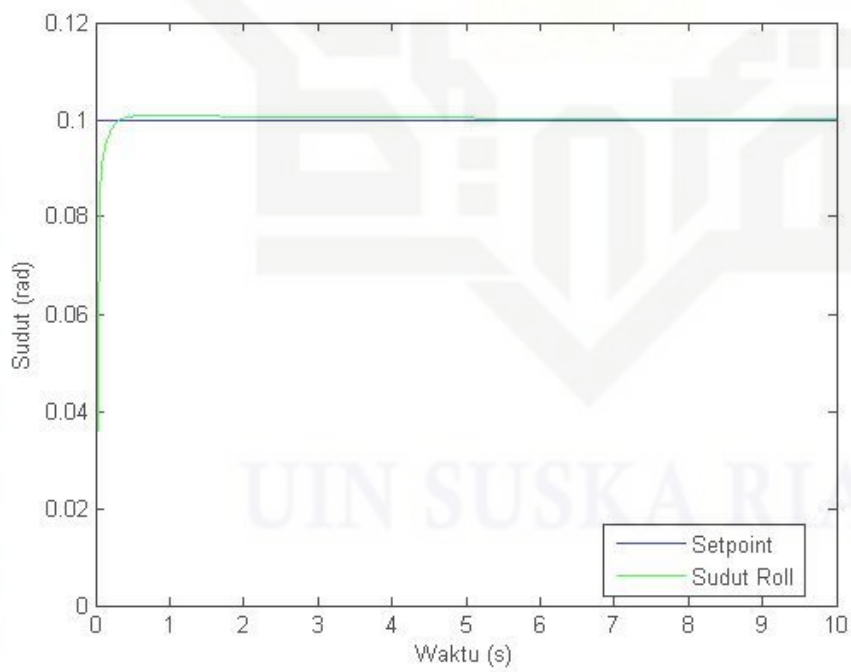
Gambar 3.12 Blok *Simulink* Pengendali *Hybrid Fuzzy-PID* Pada Sistem Pergerakan *Hover* Quadcopter

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



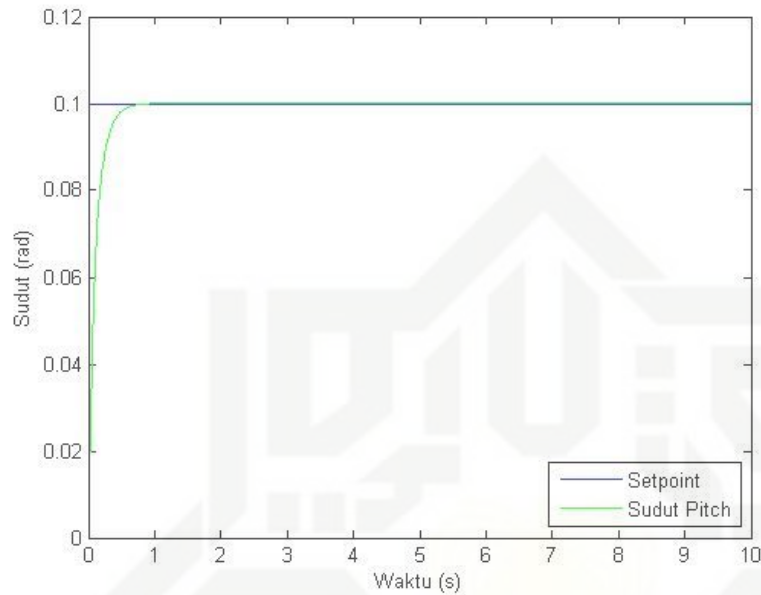
Gambar 3.13 Simulink Pengendali Hybrid Fuzzy-PID Pada Sistem Pergerakan Hover Quadcopter

Berikut grafik hasil pengendali Fuzzy setelah di hybrid Fuzzy-proportional, integral, derivative(PID).



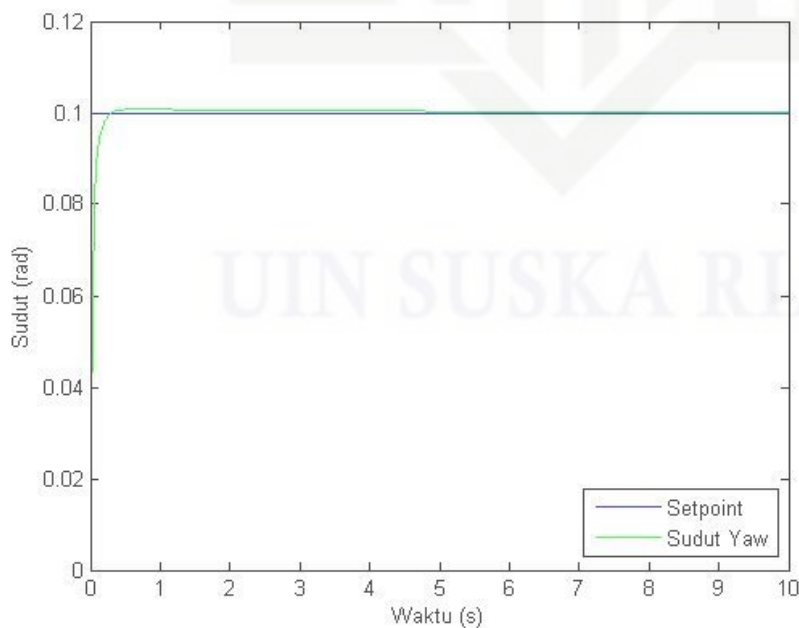
Gambar 3.14 Roll Quadcopter Hybrid Fuzzy-PID dengan nilai kp: 70, ki: 15, kd: 3

Pada gambar diatas hasil PID untuk plant *roll* Quadcopter dengan nilai k_p : 70, k_i : 15, dan k_d : 3 didapati hasil pengendali pengendali *hybrid Fuzzy-PID* berhasil mencapai *set point*.



Gambar 3.15 *Pitch* Quadcopter *Hybrid Fuzzy-PID* dengan nilai k_p : 100, k_i : 1, k_d : 10

Pada gambar diatas hasil PID untuk plant *pitch* Quadcopter dengan nilai k_p : 100, k_i : 1, dan k_d : 10 didapati hasil pengendali pengendali *hybrid Fuzzy-PID* berhasil mencapai *set point*.



Gambar 3.16 *Yaw* Quadcopter *Hybrid Fuzzy-PID* dengan nilai k_p : 100, k_i : 20., k_d : 4

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

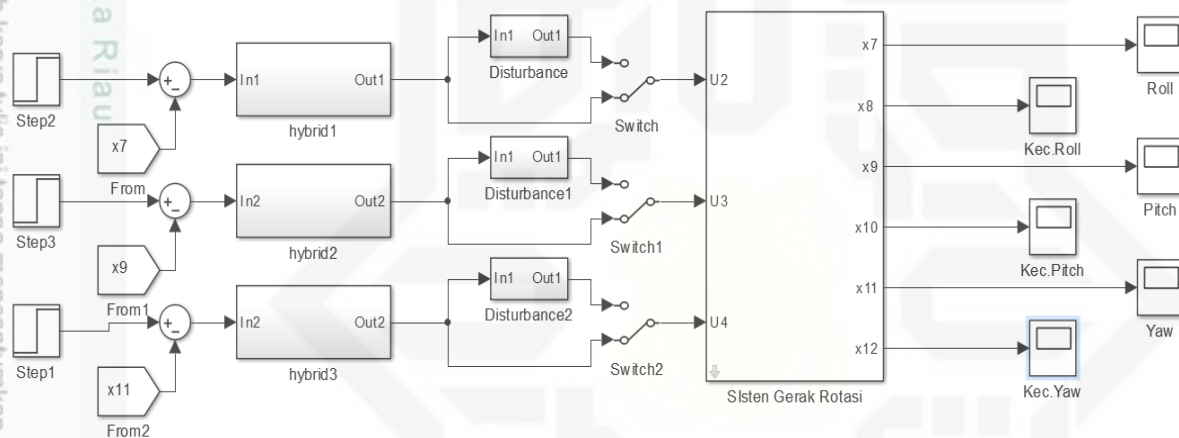
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

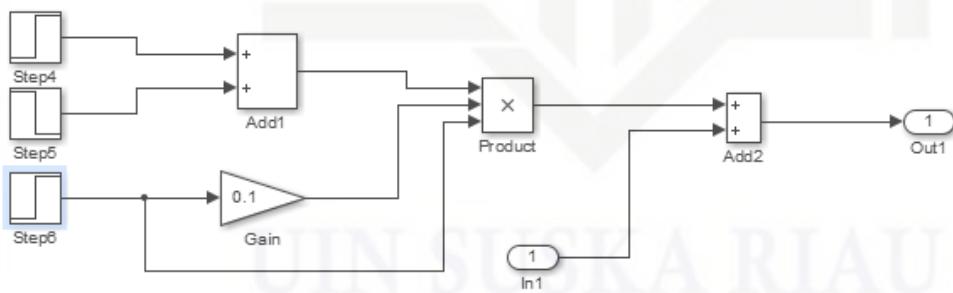
Pada gambar diatas hasil PID untuk plant *pitch* Quadcopter dengan nilai $k_p: 100$, $k_i: 20$, dan $k_d: 4$ didapati hasil pengendali pengendali *hybrid Fuzzy-PID* berhasil mencapai *set point*.

3.7 Penelitian Selanjutnya

1. Memberikan gangguan terhadap *plant* dan dapat mengatasi gangguan dengan *respon time* yang cepat dan hasil yang bagus.



Gambar 3.17 Rancangan Gangguan Sinyal Kendali Pada Quadcopter



Gambar.3.18 Rancangan Gangguan Sinyal Kendali

2. Menganasila τ , t_r , t_s , t_d , dan e hasil dari *plant hover* Quadcopter