

Estimasi Parameter Model *Height-Roll-Pitch-Yaw* AR Drone dengan *Least Square Method*

Steven Tanto

Teknik Elektro / Fakultas Teknik
steventanto@gmail.com

Agung Prayitno

Teknik Elektro / Fakultas Teknik
prayitno_agung@staff.ubaya.ac.id

Abstrak - Pemodelan AR Drone di Jurusan Teknik Elektro Universitas Surabaya telah dimulai dengan menggunakan pendekatan sistem fisik AR Drone namun hasilnya belum memuaskan. Pada Tugas Akhir ini dirancang model AR Drone dengan menggunakan pendekatan *data modeling*. Struktur model AR Drone akan dicari parameter modelnya dengan menggunakan *least square method*. Proses pengambilan data dilakukan dengan menerbangkan AR Drone dengan menggunakan program yang dibuat pada *ground station*. Secara umum, prosedur pengambilan data untuk pemodelan dan validasi dilakukan dengan menerbangkan AR Drone hingga stabil pada ketinggian 1 meter kemudian diberikan *step input* tertentu sesuai dengan model yang akan dicari. Hasil dari pemodelan yang dilakukan di *indoor* sudah cukup memuaskan, sedangkan di *outdoor* tidak memuaskan.

Kata kunci : AR Drone, *data modeling*, parameter model, *least square method*.

Abstract – AR Drone’s modeling in the Department of Electrical Engineering at University of Surabaya has begun using the approach of physical systems from the drone but the result has not been satisfactory. In this final project, AR Drone’s modeling is designed by using data modeling approach. AR Drone’s structure model will be searched its model parameters by using least square method. The process to record the data is performed by flying the drone with a program which made with LabVIEW software. In general, the data collection procedures for modeling and validation is performed by flying the drone and let it stable at an altitude of 1 meter, and then gave step input according to the model that would be searched. The modeling result which performed at indoor is satisfactory, but at outdoor is not satisfactory.

Keywords: AR Drone, *data modeling*, model parameters, *least square method*.

PENDAHULUAN

Quadrotor adalah pesawat terbang yang dilengkapi dengan empat buah baling-baling tetap sehingga secara mekanik lebih simpel daripada helikopter. Agar *quadrotor* dapat terbang secara *autonomous*, tentunya perlu dirancang suatu algoritma terbang otomatis yang memungkinkan *quadrotor* dapat terbang dengan

berbagai manuver untuk misi atau tugas tertentu seperti *vertical take-off* dan *landing*, *hover flight*, *tracking* suatu obyek atau arah.

Desain dan pengembangan algoritma kontrol *quadrotor* merupakan salah satu topik yang menarik untuk diriset. Namun demikian *quadrotor* merupakan suatu sistem yang sangat susah untuk dikontrol. Model *quadrotor* menjadi salah satu solusi untuk mengevaluasi performansi dari *controller*. Oleh karena itu model dari *platform quadrotor* sangat penting. Agar pengembangan algoritma tidak terhalang waktu, diperlukan sebuah *platform quadrotor* yang secara *hardware* sudah bagus dan siap sehingga algoritma kontrol yang didesain dapat dicoba pada *platform* tersebut. *Platform* yang akan digunakan pada tugas akhir ini adalah AR Drone.

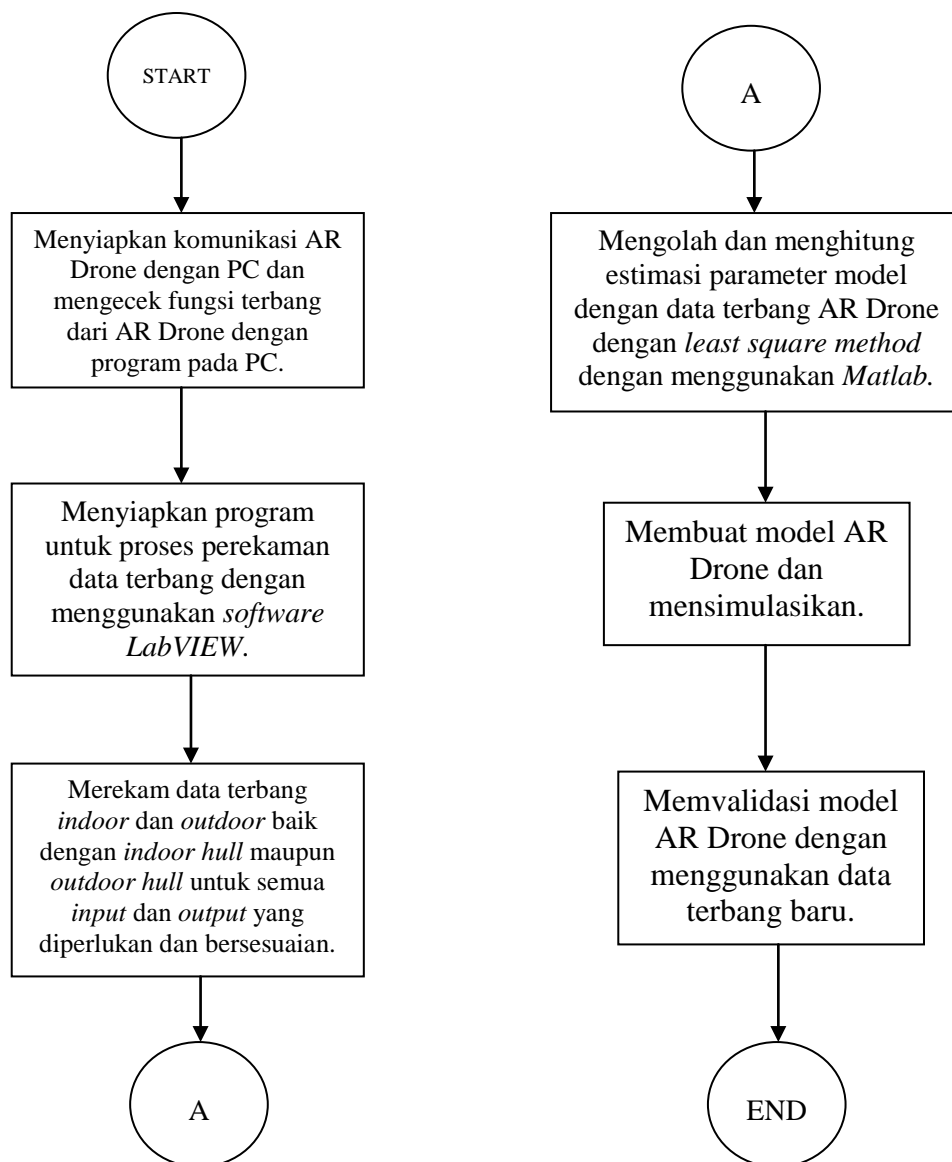
AR Drone adalah salah satu *quadrotor* yang saat ini banyak digunakan sebagai *platform* penelitian pengembangan algoritma kontrol *quadrotor* di berbagai universitas di dunia. Pemilihan AR Drone untuk tugas akhir ini karena platform ini relatif murah dan mempunyai *on-board electronics* yang di dalamnya sudah terdapat *motherboard*. *Platform* ini juga telah disertakan *real time operating system* yang memungkinkan berbagai tugas dapat dilakukan secara bersamaan seperti berkomunikasi dengan *ground station* melalui *Wi-Fi*, sensor *acquisition*, *video data sampling*, *image processing*, *state estimation*, dan *closed-loop control*.

Usaha untuk memodelkan platform AR Drone di JTEUS dengan persamaan-persamaan sistem fisik sudah dilakukan oleh Agung Prayitno [1], namun demikian hasilnya masih belum memuaskan. Oleh karena itu akan dilakukan pendekatan lain dengan memodelkan AR Drone dengan menganggap *quadrotor* lengkap dengan *electronic controller*-nya sebagai satu kesatuan sistem. Sebagai *input* dipilih *setpoint pitch*, *setpoint roll*, *setpoint yaw rate* dan *setpoint vertical speed* yang berada pada range -0.35 sampai 0.35, sedangkan sebagai *output* berurutan adalah *actual pitch*, *forward speed estimation*, *actual roll*, *sideward speed estimation*, *x-position estimation*, *y-position estimation*, *actual yaw*, *yaw rate estimation*, *altitude estimation* dan *vertical speed*. Proses pemodelan dilakukan dengan menerbangkan *quadrotor* untuk masing masing input dan merekam data navigasinya. Dari data yang diperoleh, parameter model diestimasi

dengan menggunakan metode *least square*. Sehingga pemodelan dengan cara ini mensyaratkan bahwa AR Drone sudah terkontrol dengan baik.

Krajnik [2] mengatakan dalam *paper*-nya bahwa parameter model dinamik dari drone akan berbeda untuk aplikasi AR Drone dengan *indoor* dan *outdoor hull*, sehingga disarankan agar dilakukan prosedur identifikasi sendiri-sendiri. Oleh karena itu dalam Tugas Akhir ini akan diidentifikasi model di *indoor* dan *outdoor hull* yang dilakukan pada *indoor* dan *outdoor*.

METODE PENELITIAN

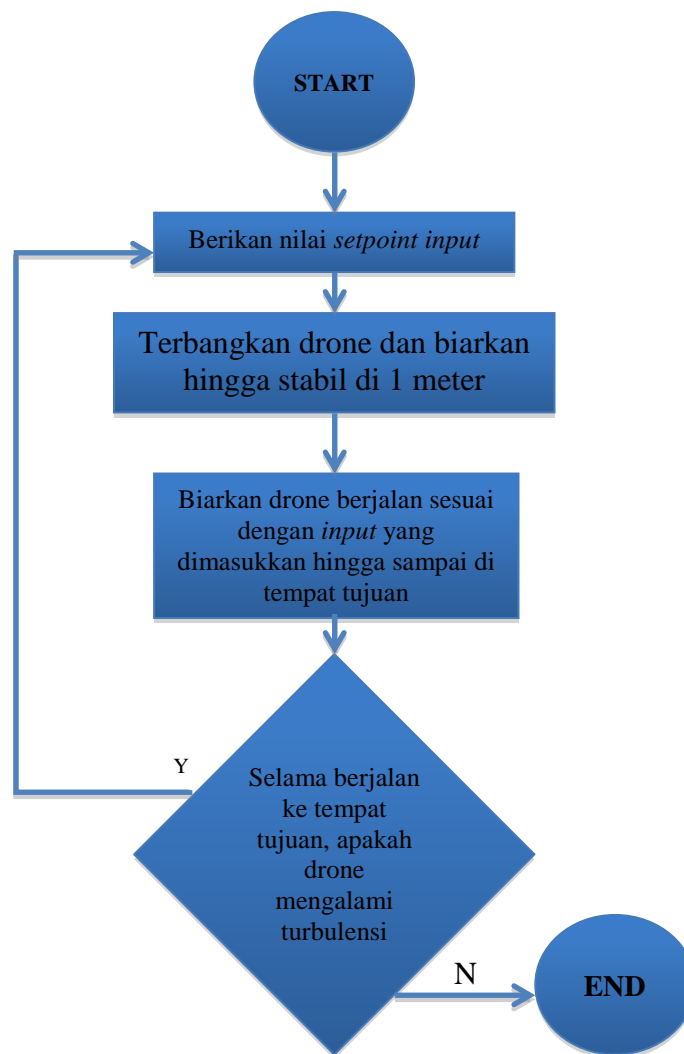


Tahapan untuk melaksanakan Tugas Akhir ini, pertama dengan menyiapkan komunikasi AR Drone dengan PC dan mengecek fungsi terbang AR Drone dengan program pada PC. AR Drone yang digunakan untuk Tugas Akhir ini AR Drone 2.0 *Elite Edition* dengan *firmware* 2.3.3. Setelah itu menyiapkan program untuk proses perekaman data terbang dengan menggunakan *software LabVIEW*. Program yang digunakan adalah program milik Michael [3] yang sudah dimodifikasi oleh tim penelitian lain yang bernama Gabriel Utomo, sehingga bisa digunakan pada AR Drone 2.0. Kemudian, merekam data terbang *indoor* dan *outdoor* baik dengan *indoor hull* maupun *outdoor hull* untuk semua *input* dan *output*. Lapangan yang digunakan di *indoor* adalah Laboratorium PLC di Gedung TC 3.2 Teknik Elektro Universitas Surabaya dengan panjang 4 meter dan lebar 4 meter. Untuk lapangan *outdoor* adalah di Selasar belakang Boulevard Teknik dengan panjang 4 meter dan lebar 2.8 meter. Prosedur umum untuk merekam data terbang masing-masing *input* adalah dengan memberikan *setpoint input* pada drone dan terbangkan. Kemudian tunggu hingga drone stabil di 1 meter, lalu biarkan drone melaju sesuai dengan *input* yang dimasukkan selama beberapa detik kemudian turunkan apabila sudah sampai pada tujuannya.

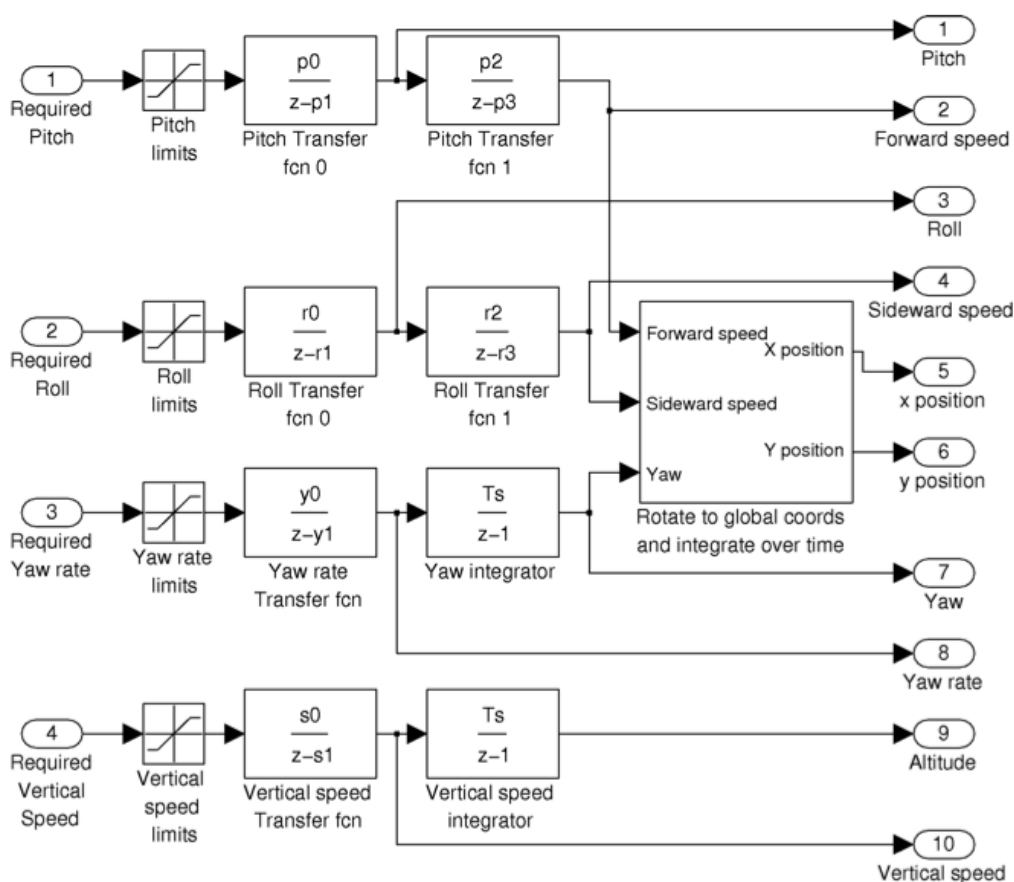
Langkah selanjutnya adalah mengolah dan menghitung estimasi parameter model dengan data terbang AR Drone yang telah direkam tadi dengan *least square method* dengan menggunakan *software Matlab*. Parameter model yang telah diestimasi tadi dimasukkan ke struktur model untuk memodelkan AR Drone kemudian disimulasikan. Struktur model dan rumus untuk mengestimasi parameter model tertera pada *paper* milik Krajnik [2]. Hasil dari simulasi model tersebut diuji performansinya dengan data validasi, yang diambil dengan menerbangkan drone lagi dengan cara yang sama seperti proses perekaman data terbang awal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian hasil dan pembahasan akan ditunjukkan bagaimana perancangan prosedur pengambilan data terbang dan pemodelan hingga validasi model. Secara umum prosedur pengambilan data terbang dapat dilihat pada *flowchart* di bawah ini.



Tugas Akhir ini menggunakan metode *least square* untuk perhitungan parameter model dari data terbang yang telah diperoleh. Struktur model AR Drone yang digunakan adalah yang ada pada *paper* milik Krajnic [2], seperti ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah.



Gambar 1. Struktur model dari AR Drone

Untuk mendapatkan nilai variabel yang dibutuhkan menggunakan rumus, yang tertera juga pada *paper* milik Krajnic [2], yaitu

$$(1)$$

Rumus di atas bisa dihitung dengan *least square method*. Cara perhitungan untuk mendapatkan model p_0 dan p_1 , tertera pada modul kuliah dari K. J. Keesman bab ke 2 [4]. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$(3.2)$$

Kemudian disamakan ke rumus milik Krajnic [2] dan hasilnya bisa dilihat sebagai berikut.

$$\hat{\mathbf{g}} = (\Phi^T \Phi)^{-1} \Phi^T \mathbf{y}$$

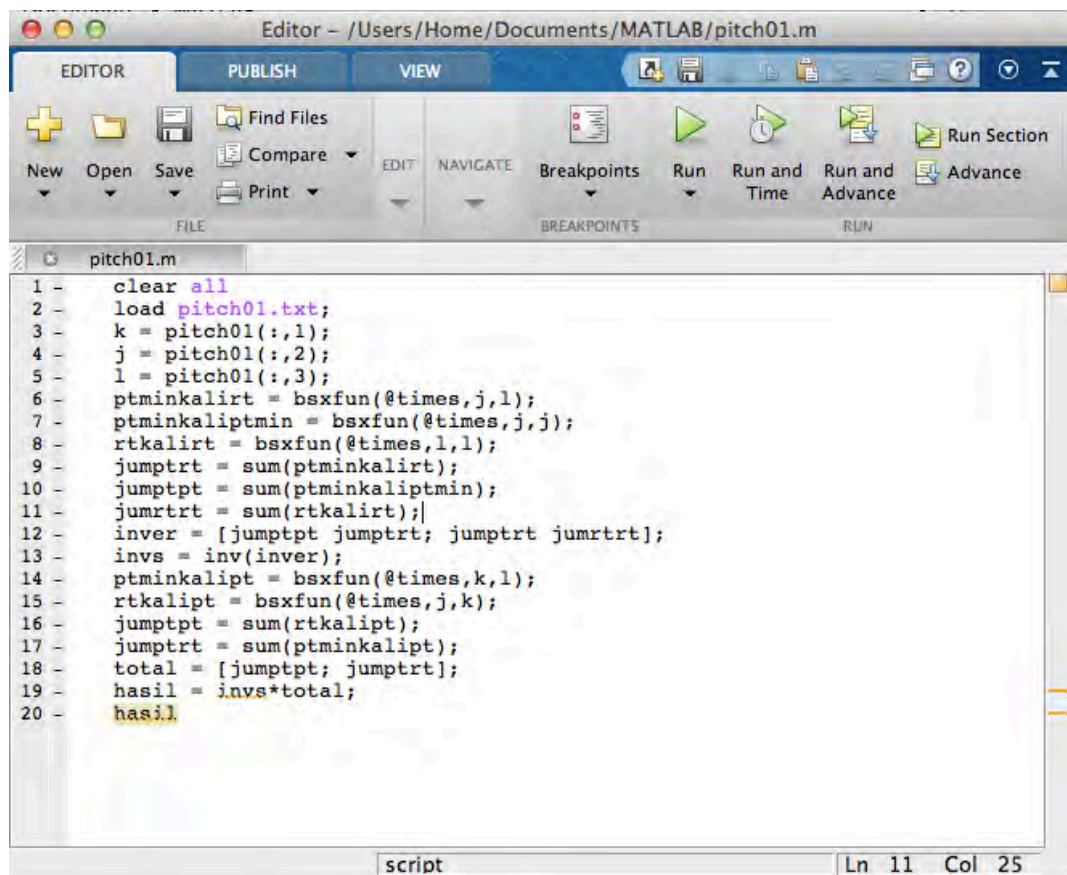
$$\begin{pmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \vdots \\ \phi_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \phi_0 & \phi'_0 \\ \phi_1 & \phi'_1 \\ \vdots & \vdots \\ \phi_{n-1} & \phi'_{n-1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p_1 \\ p_0 \end{pmatrix} ;$$

Data yang dibutuhkan untuk mendapatkan masing-masing variabel adalah sebagai berikut.

- Untuk mendapatkan nilai dari variabel p_0 dan p_1 , yang dibutuhkan adalah data terbang $pitch(t)$, $pitch(t-1)$ dan $setpoint\ pitch$. $Setpoint$ yang dimaksud adalah $input$ dari $setpoint\ pitch$ yang dimasukkan ke program VI pengambilan data $pitch$. Jika dari program pengambilan data yang di- $input$ adalah 0.1, maka hasil dari $setpoint\ pitch$ nantinya akan semua bernilai 0.1.
- Variabel p_2 dan p_3 didapatkan dengan menggunakan data terbang $v_x(t)$, $v_x(t-1)$, dan $pitch(t-1)$.
- Variabel r_0 dan r_1 sama dengan variabel p_0 dan p_1 didapatkan dengan menggunakan data terbang $roll(t)$, $roll(t-1)$ dan $setpoint\ roll$.

- Variabel r_2 dan r_3 membutuhkan data terbang $v_y(t)$, $v_y(t-1)$ dan $roll(t-1)$.
- Untuk y_0 dan y_1 diambil dari $yaw\ rate(t)$, $yaw\ rate(t-1)$ dan $setpoint\ yaw$.
- Yang terakhir, variabel s_0 dan s_1 menggunakan data terbang $vertical\ speed(t)$, $vertical\ speed(t-1)$ dan $setpoint\ vertical\ speed$.

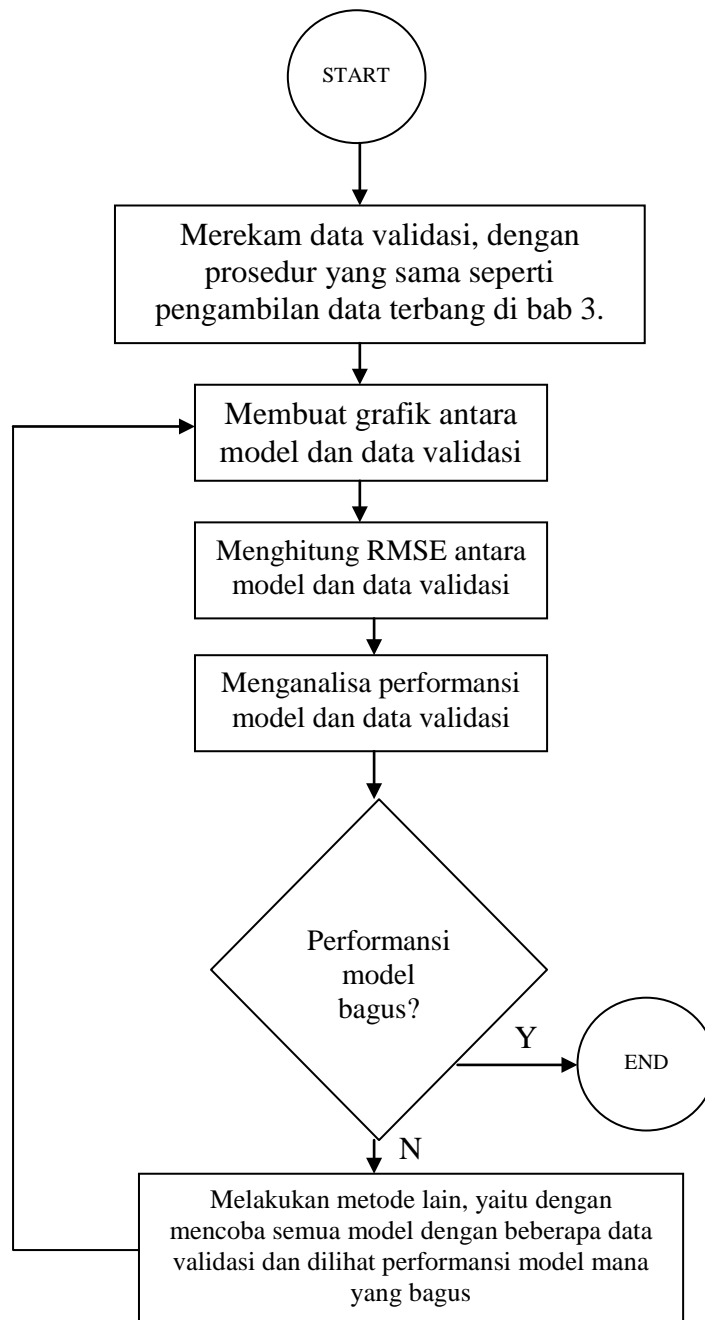
Untuk estimasi parameter model, menggunakan *software Matlab* dengan kode program sebagai berikut.



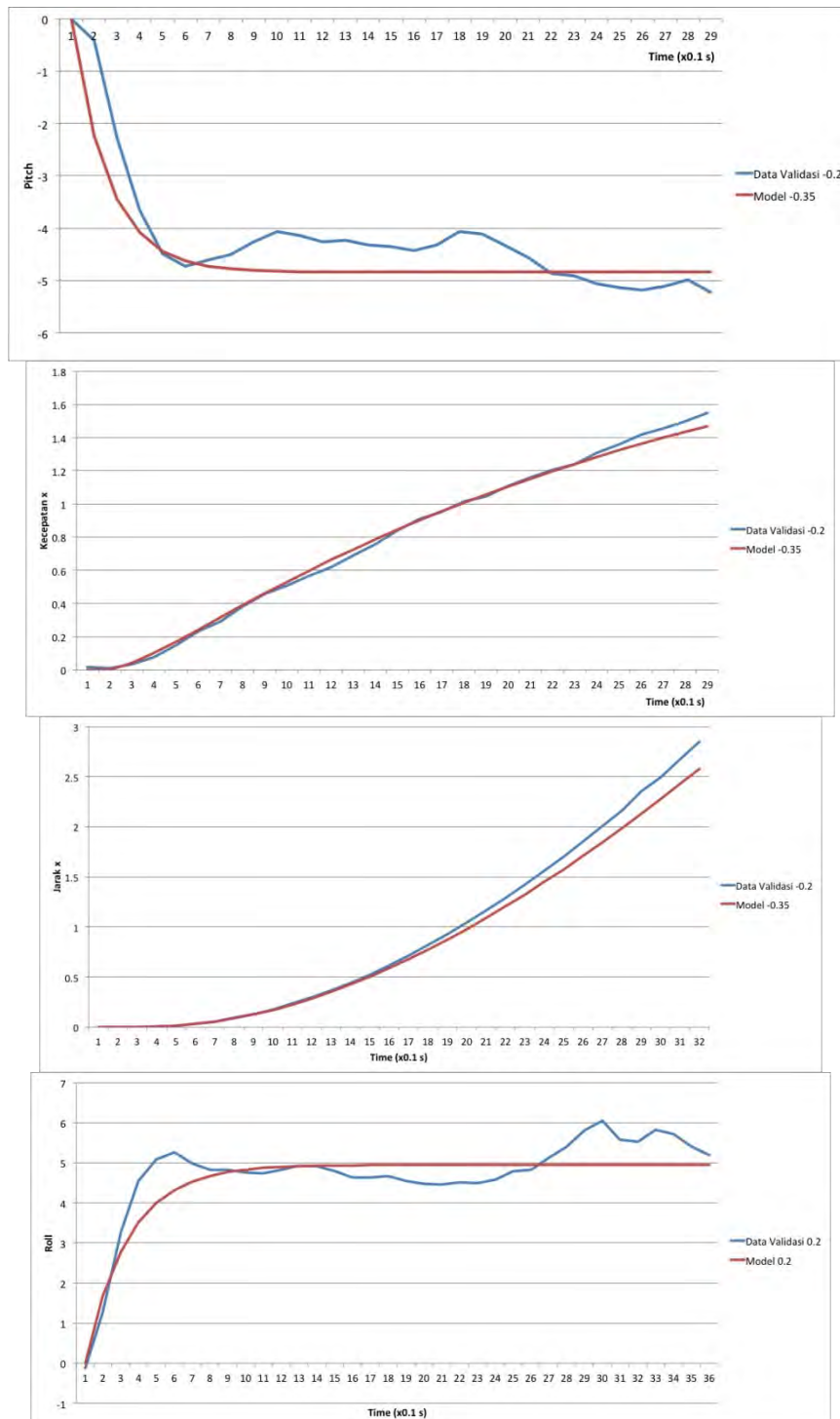
```
1 - clear all
2 - load pitch01.txt;
3 - k = pitch01(:,1);
4 - j = pitch01(:,2);
5 - l = pitch01(:,3);
6 - ptminkalirt = bsxfun(@times,j,l);
7 - ptminkaliptmin = bsxfun(@times,j,j);
8 - rtkalirt = bsxfun(@times,l,l);
9 - jumprt = sum(ptminkalirt);
10 - jumprtpt = sum(ptminkaliptmin);
11 - jumrtrt = sum(rtkalirt);
12 - inver = [jumprtpt jumprt; jumprt jumrtrt];
13 - invs = inv(inver);
14 - ptminkalipt = bsxfun(@times,k,l);
15 - rtkalipt = bsxfun(@times,j,k);
16 - jumprtpt = sum(rtkalipt);
17 - jumprt = sum(ptminkalipt);
18 - total = [jumprtpt; jumprt];
19 - hasil = invs*total;
20 - hasil.
```

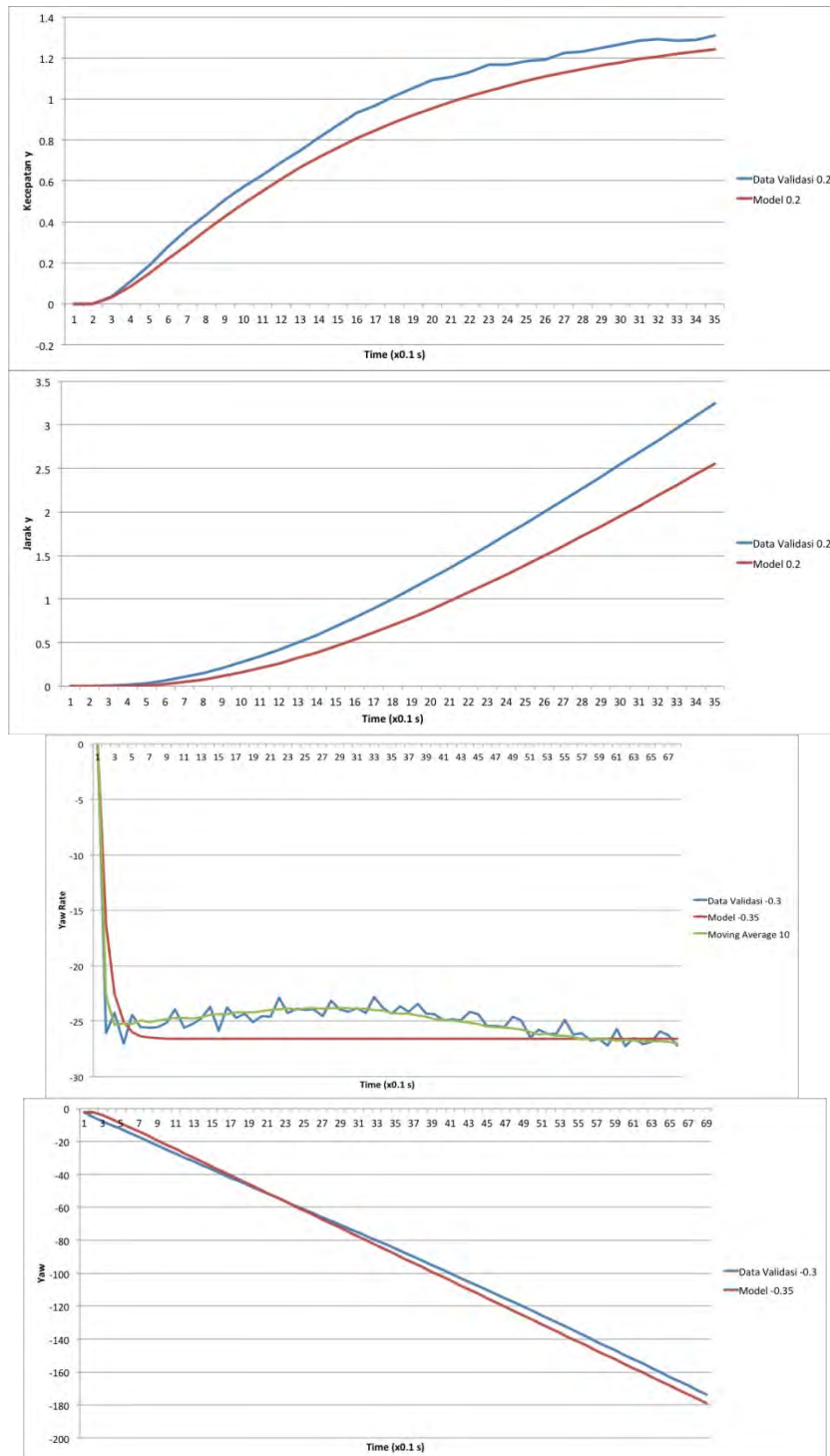
Gambar 2. Kode program untuk mengestimasi parameter model dengan *least square method*

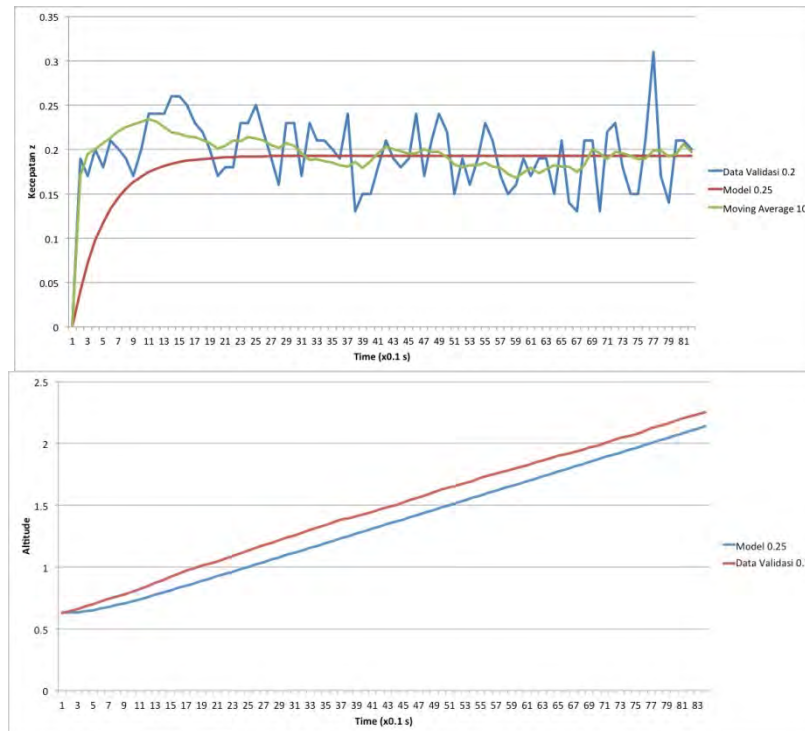
Prosedur melakukan validasi model dapat dilihat pada *flowchart* di bawah ini.



Di Gambar 3, adalah hasil dari performansi model di *indoor* dengan *indoor hull*.

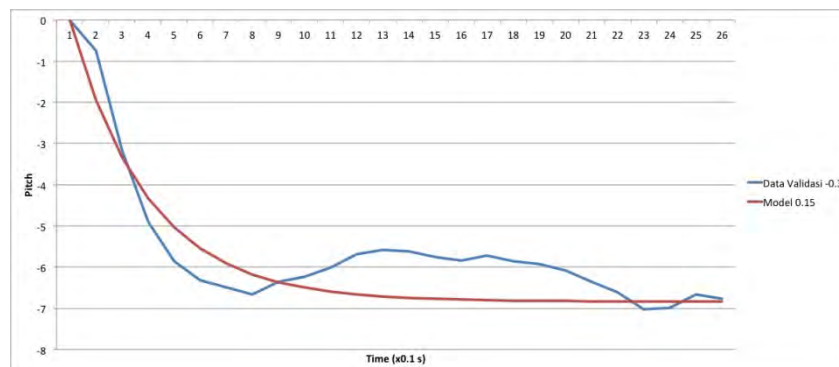


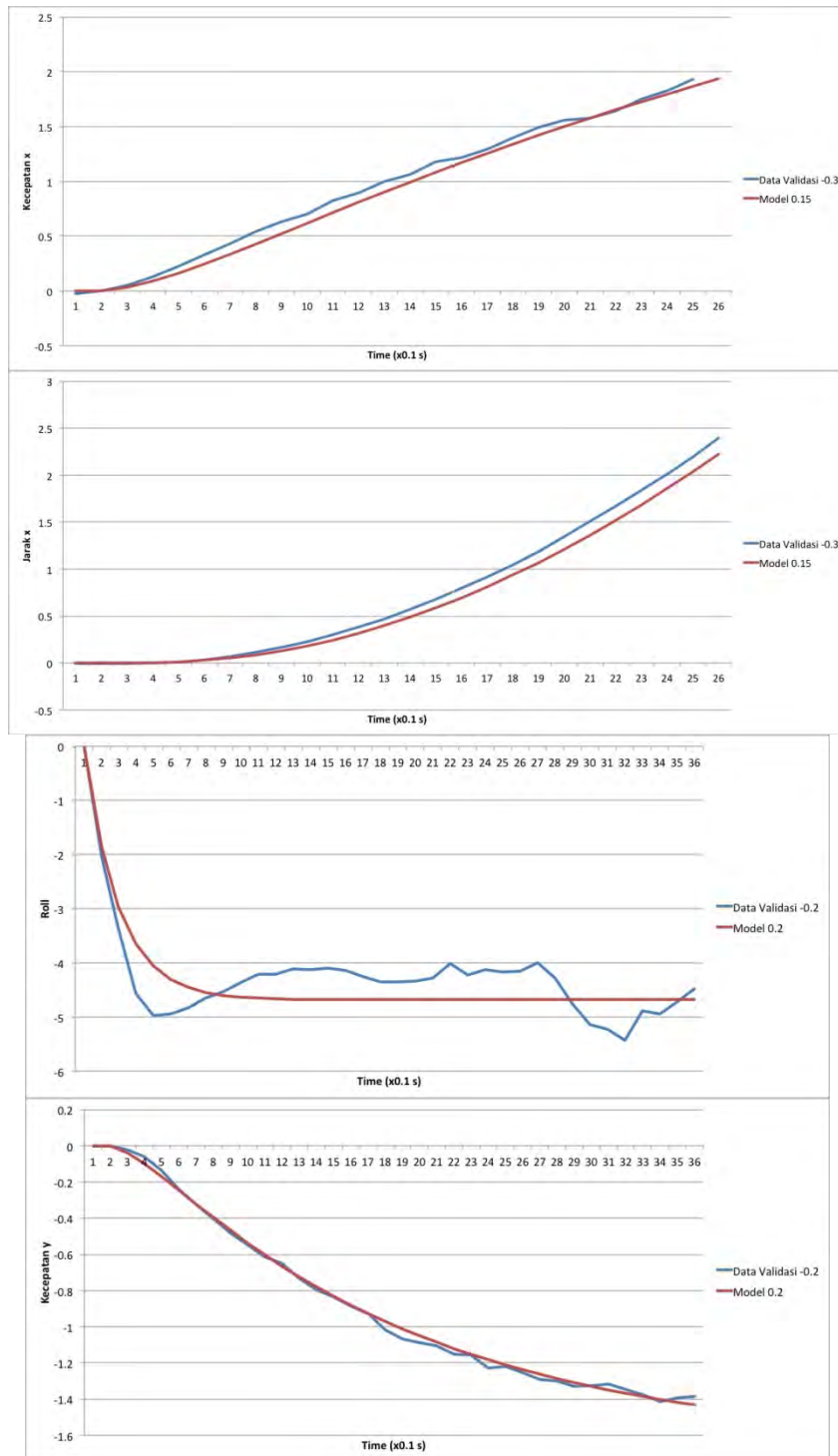


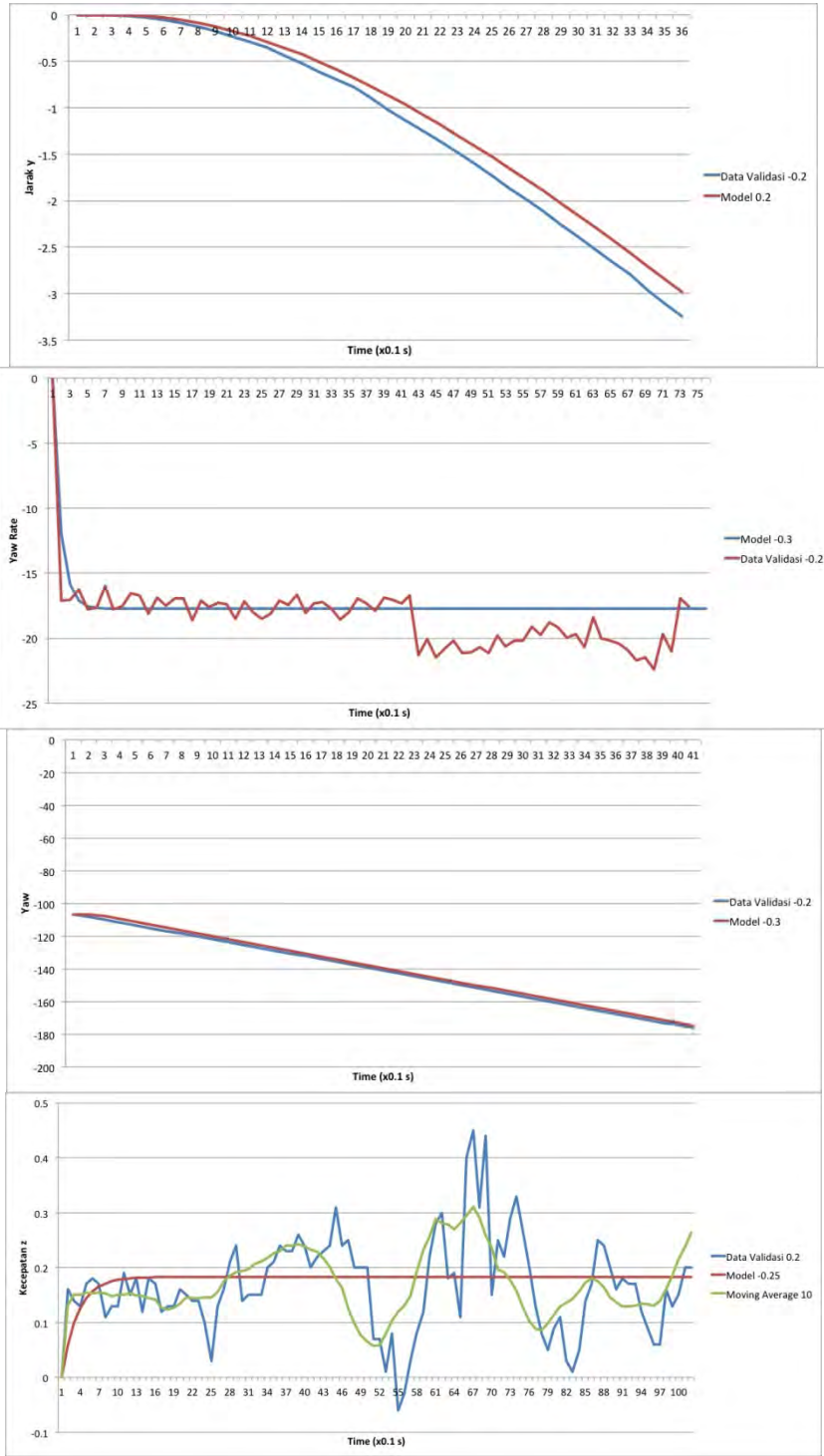


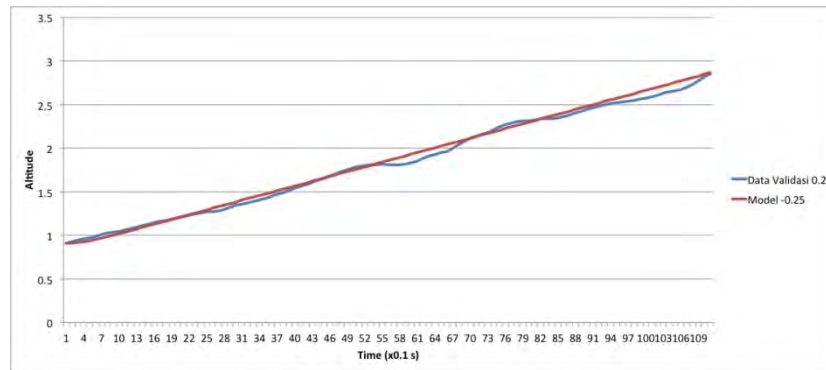
Gambar 3. Performansi model untuk semua *output* di *indoor* dengan *indoor hull*.

Dapat dilihat pada gambar di atas bahwa performansi model sudah bagus. Namun, terlihat adanya *error* di model untuk *posisi y* dan *altitude* yang disebabkan karena *error* pembulatan sehingga hasil integral tersebut akan bergeser terus terhadap waktu. Untuk performansi model di *indoor* dengan *outdoor hull* terdapat pada Gambar 4.







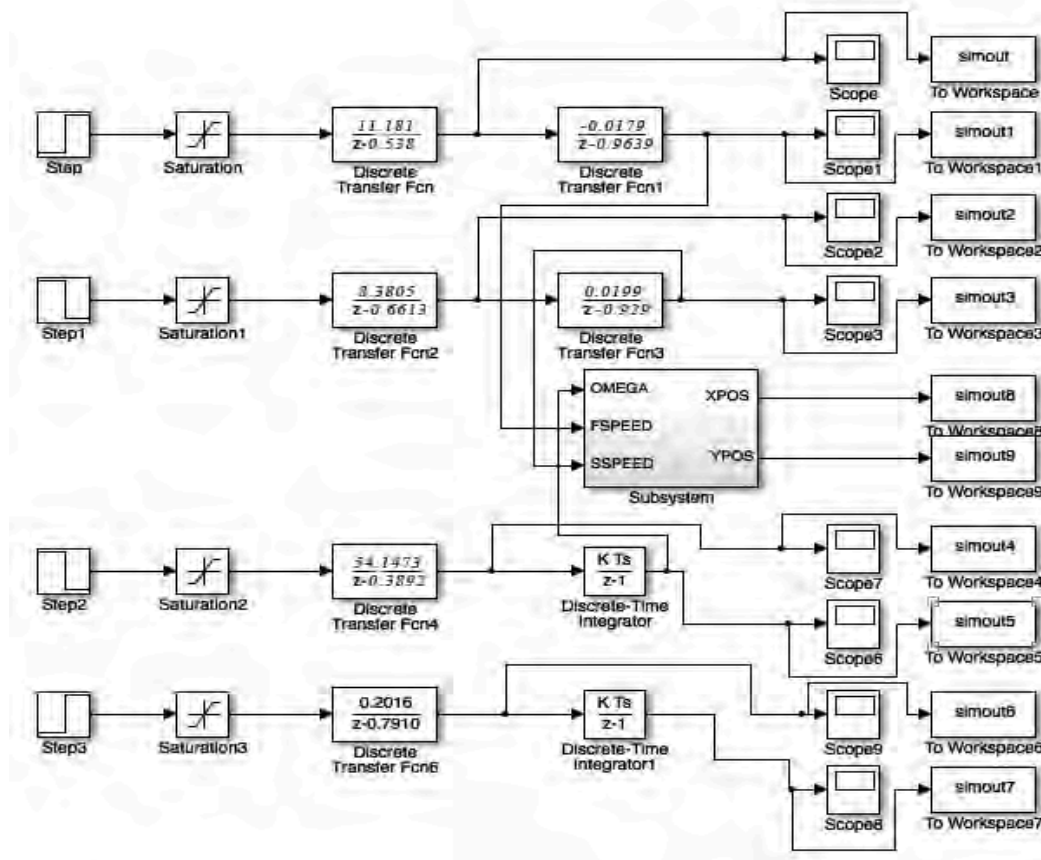


Gambar 4. Performansi model untuk semua *output* di *indoor* dengan *outdoor hull*.

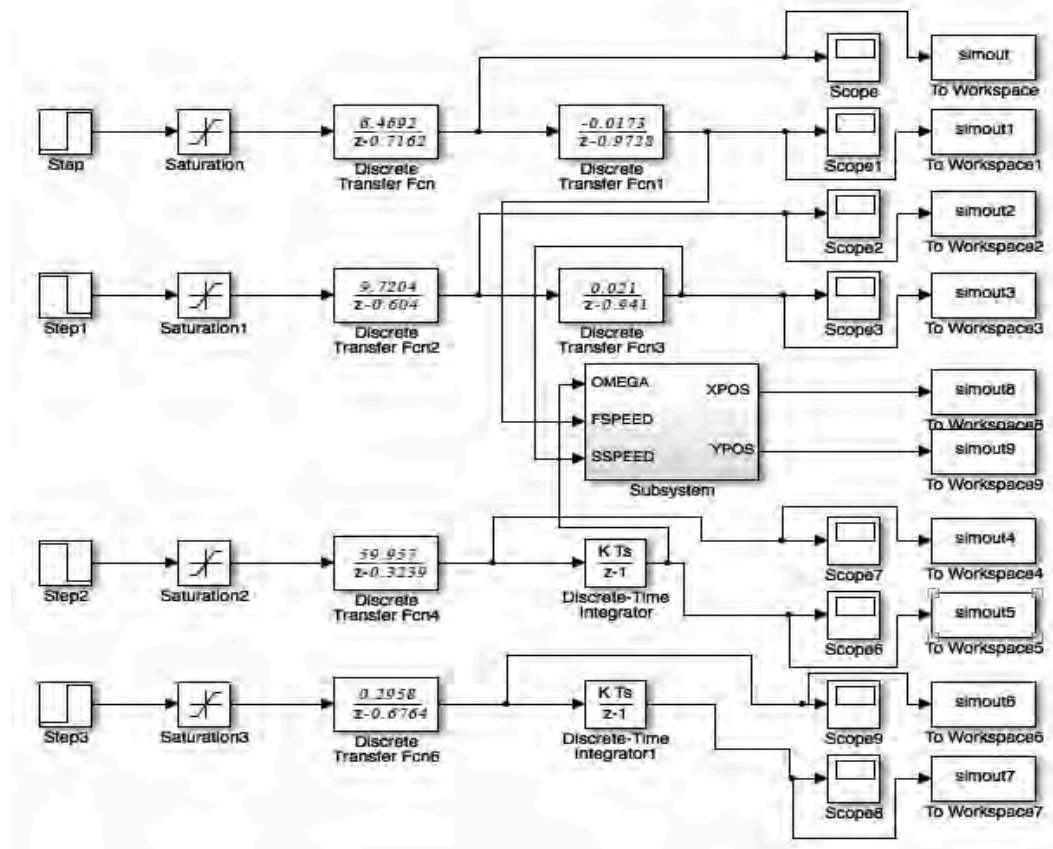
Dapat dilihat pada Gambar 4 bahwa performansi model sudah cukup bagus walaupun masih terlihat *error* yang sama seperti Gambar 3 dikarenakan adanya *error* pembulatan. Di *outdoor*, melihat potensi *disturbance* angin yang berbeda antara saat pengambilan data untuk pemodelan dan pengambilan data untuk validasi, maka dinyatakan bahwa validasi untuk model *outdoor* tidak layak sehingga model *outdoor* yang dihasilkan juga tidak layak untuk digunakan.

SIMPULAN

Dari uji performansi yang didapat dapat disimpulkan bahwa model yang telah diuji dapat digunakan sebagai model umum AR Drone di *indoor* dengan *indoor hull* dan *outdoor hull* menyesuaikan dengan lapangan yang digunakan. Model AR Drone dengan *indoor hull* di *indoor* yang diperoleh pada Tugas Akhir ini ditunjukkan pada struktur model di bawah ini.



Untuk Model AR Drone dengan *outdoor hull* di *indoor* yang diperoleh pada Tugas Akhir ini ditunjukkan pada struktur model di bawah ini.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agung Prayitno, “Perancangan Simulink Model dari AR.Drone Sebagai Simulator Kontrol Quadrotor”, Proceeding Seminar Nasional Riset Teknologi Informasi, 2013
- [2] Krajnik.T, Vonasek.V, Fiser.D, Faigl.J, “AR-Drone as a platform for Robotic Research and Education”, draft version of the paper in *Research and Education in Robotics: EUROBOT 2011*, Heidelberg, Springer, 2011.
- [3] Mogenson.M, “*The AR Drone LabVIEW Toolkit: A Software Framework for the Control of Low-Cost Quadrotor Aerial Robots*”, Master Thesis, TUFTS University, May 2012.
- [4] Website. <https://ssc.wur.nl/Handbook/Course/BRD-31806>