

Perancangan Sistem Kontrol Pada Quadrotor Nirawak Untuk Manuver Lincah Berbasis *Hardware In The Loop*

Deedat Fatahillah (13320072)

CITA ITB / Sistem Kontrol Quadrotor

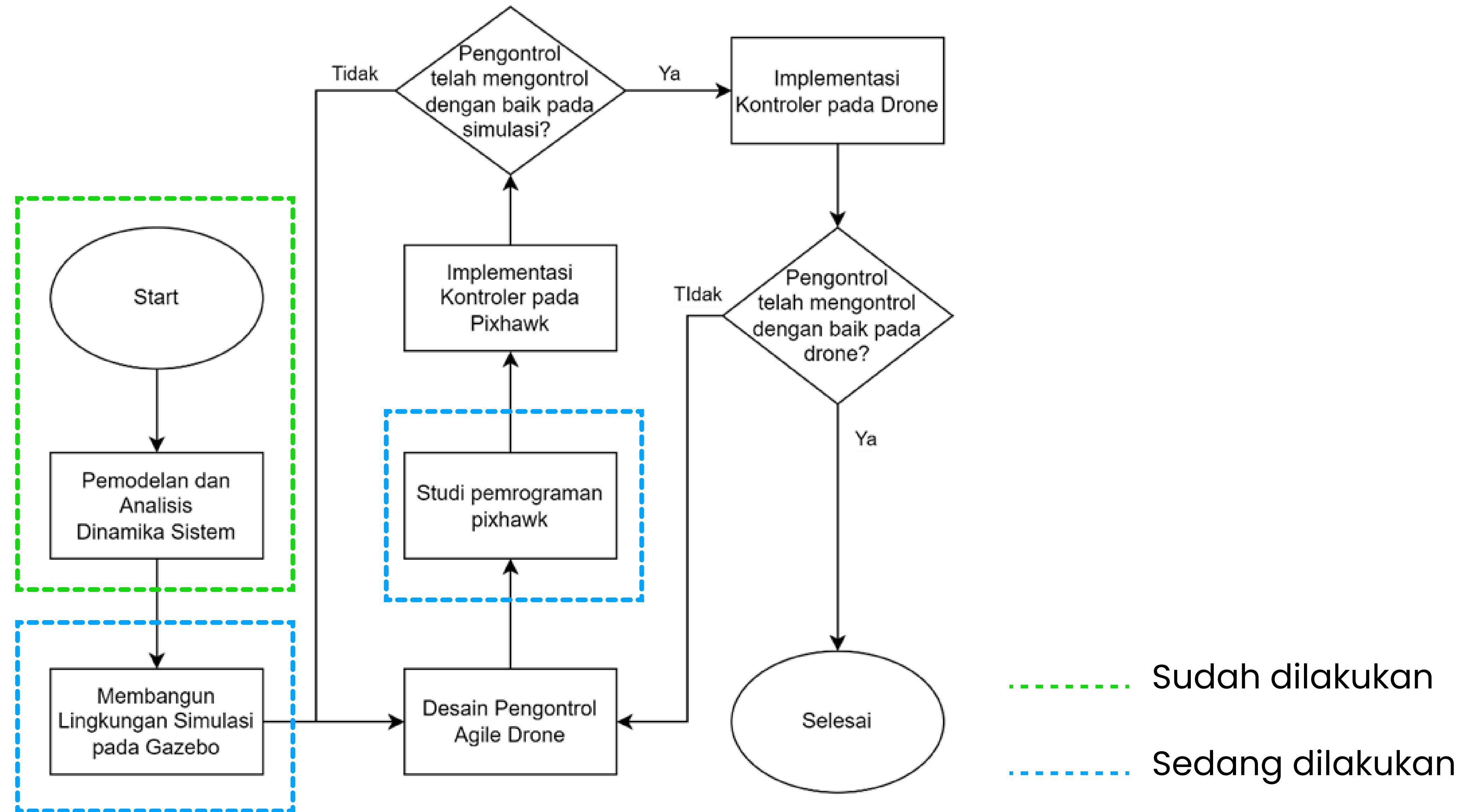
Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Eko Mursito Budi, M.T.

Faqihza Mukhlis, S.T., M.T., Ph.D.



Metodologi Penelitian



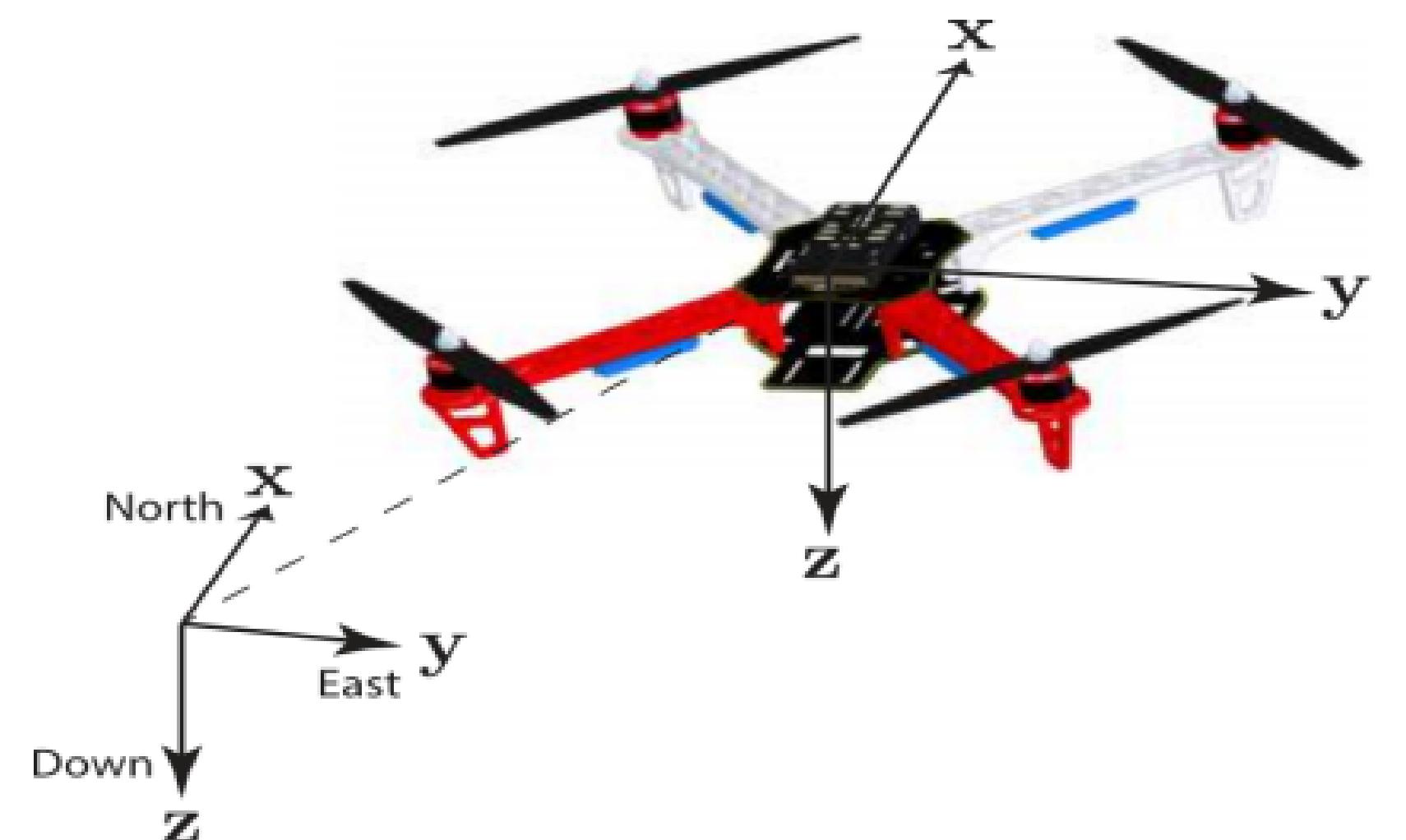
Pemodelan Dinamika Sistem

Dalam melakukan pemodelan sistem secara keseluruhan, hal pertama yang harus dilakukan terlebih dahulu ialah menentukan kerangka acuan dari quadrotor dan bumi. Sumbu stasioner akan dinamakan dan sedangkan sumbu drone akan dinamakan sumbu stasioner. Sumbu stasioner akan diletakkan pada bumi yang akan menunjukkan kepada arah utara, timur, dan ke arah bumi.

Sehingga vektor koordinat dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\begin{bmatrix} X_b \\ Y_b \\ Z_b \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} X_E \\ Y_E \\ Z_E \end{bmatrix}$$

$$R = \begin{bmatrix} c_\theta c_\psi & c_\psi s_\theta s_\phi - c_\phi s_\psi & s_\phi s_\psi + c_\phi c_\psi s_\theta \\ c_\theta s_\psi & c_\phi c_\psi + s_\theta s_\phi s_\psi & c_\phi s_\theta s_\psi - c_\psi s_\phi \\ -s_\theta & c_\theta s_\phi & c_\theta c_\phi \end{bmatrix}$$



Pemodelan Dinamika Sistem

Dinamika sistem akan diturunkan melalui persamaan dinamika translasi dan rotasi

Dinamika Translasi

$$\begin{bmatrix} mI & 0 \\ 0 & J \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{V} \\ \dot{w}^b \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \omega^b \times mV \\ \omega^b \times J\omega^b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f \\ \tau^b \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \\ \ddot{z} \end{bmatrix} = \frac{-(F_{a1} + F_{a2} + F_{a3} + F_{a4})}{m} \begin{bmatrix} c\phi s\theta c\psi + s\phi s\psi \\ c\phi s\theta s\psi - s\phi c\psi \\ c\phi c\theta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ g \end{bmatrix} - \frac{1}{2m} \begin{bmatrix} C_x A_c \rho \dot{x} |\dot{x}| \\ C_y A_c \rho \dot{y} |\dot{y}| \\ C_z A_c \rho \dot{z} |\dot{z}| \end{bmatrix}$$

Dinamika Rotasi

$$J\dot{\omega}^b + \omega^b \times J\omega^b = \tau^b$$

$$\begin{bmatrix} I_{xx}\ddot{\phi} \\ I_{yy}\ddot{\theta} \\ I_{zz}\ddot{\psi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (I_{yy} - I_{zz})\dot{\theta}\dot{\psi} \\ (I_{zz} - I_{xx})\dot{\phi}\dot{\psi} \\ (I_{xx} - I_{yy})\dot{\theta}\dot{\phi} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} (F_{a1} + F_{a4} - F_{a2} - F_{a3})l \sin(\alpha) \\ (F_{a1} + F_{a2} - F_{a3} - F_{a4})l \sin(\beta) \\ (-T_1 - T_3 + T_2 + T_4) \end{bmatrix}$$

Pemodelan Dinamika Sistem

Dari penjabaran di atas, didapatkan persamaan differensial dari *quadrotor* adalah sebagai berikut

$$\dot{\Omega}_{mi} = - \left(\frac{K_e K_{tm}}{R_m J_m} + \frac{2d\Omega_{m0}}{\eta r_g^3 J_m} \right) \Omega_{mi} + \frac{K_{tm}}{R_m J_m} U_{ai} + \left(\frac{d_m \Omega_{m0}^2}{\eta r_g^3 J_m} \right), i = 1,2,3,4$$

$$I_{xx} \ddot{\phi} = (I_{yy} - I_{zz}) \dot{\theta} \dot{\psi} + (\Omega_{m1}^2 + \Omega_{m4}^2 - \Omega_{m2}^2 - \Omega_{m3}^2) l \sin(\alpha) C_a \rho A r^2$$

$$I_{yy} \ddot{\theta} = (I_{zz} - I_{xx}) \dot{\phi} \dot{\psi} + (\Omega_{m1}^2 + \Omega_{m2}^2 - \Omega_{m3}^2 - \Omega_{m4}^2) l \sin(\beta) C_a \rho A r^2$$

$$I_{zz} \ddot{\psi} = (I_{xx} - I_{yy}) \dot{\theta} \dot{\phi} + C_T \rho A r^3 \sum_{i=1}^4 (-1)^i \Omega_{mi}^2$$

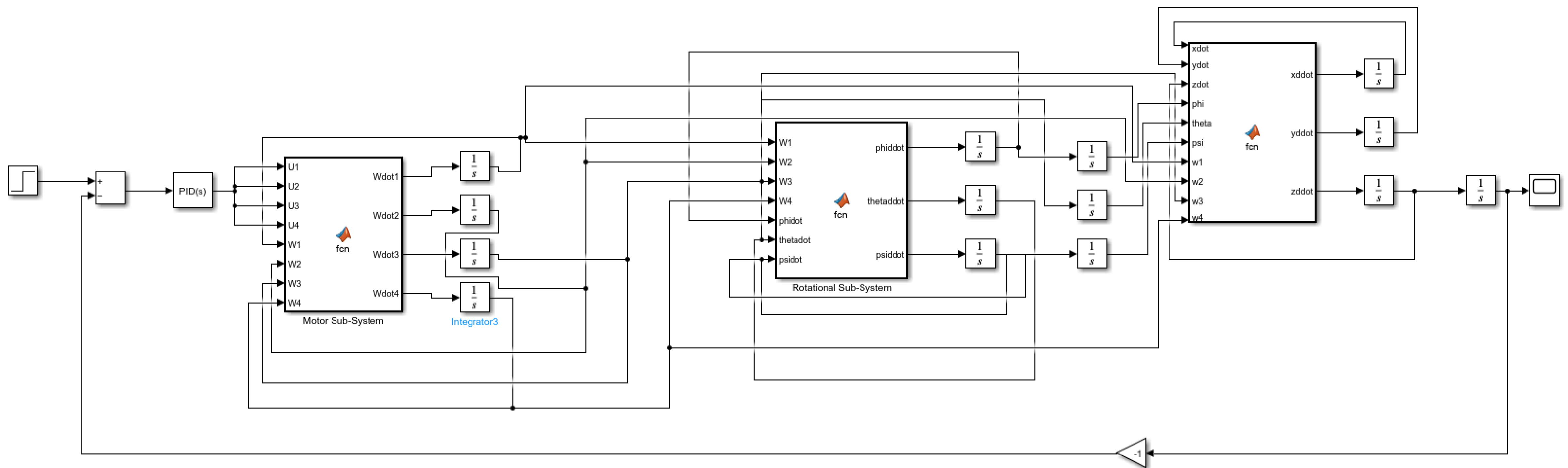
$$m \ddot{x} = (-\cos \phi \sin \theta \cos \psi - \sin \phi \sin \psi) \cdot C_a \rho A r^2 \cdot \sum_{i=1}^4 \Omega_{mi}^2 - \frac{1}{2} C_x A_c \rho \dot{x} |\dot{x}|$$

$$m \ddot{y} = (-\cos \phi \sin \theta \sin \psi + \sin \phi \cos \psi) \cdot C_a \rho A r^2 \cdot \sum_{i=1}^4 \Omega_{mi}^2 - \frac{1}{2} C_y A_c \rho \dot{y} |\dot{y}|$$

$$m \ddot{z} = -(\cos \phi \cos \theta) \cdot C_a \rho A r^2 \cdot \sum_{i=1}^4 \Omega_{mi}^2 + mg - \frac{1}{2} C_z A_c \rho \dot{z} |\dot{z}|$$

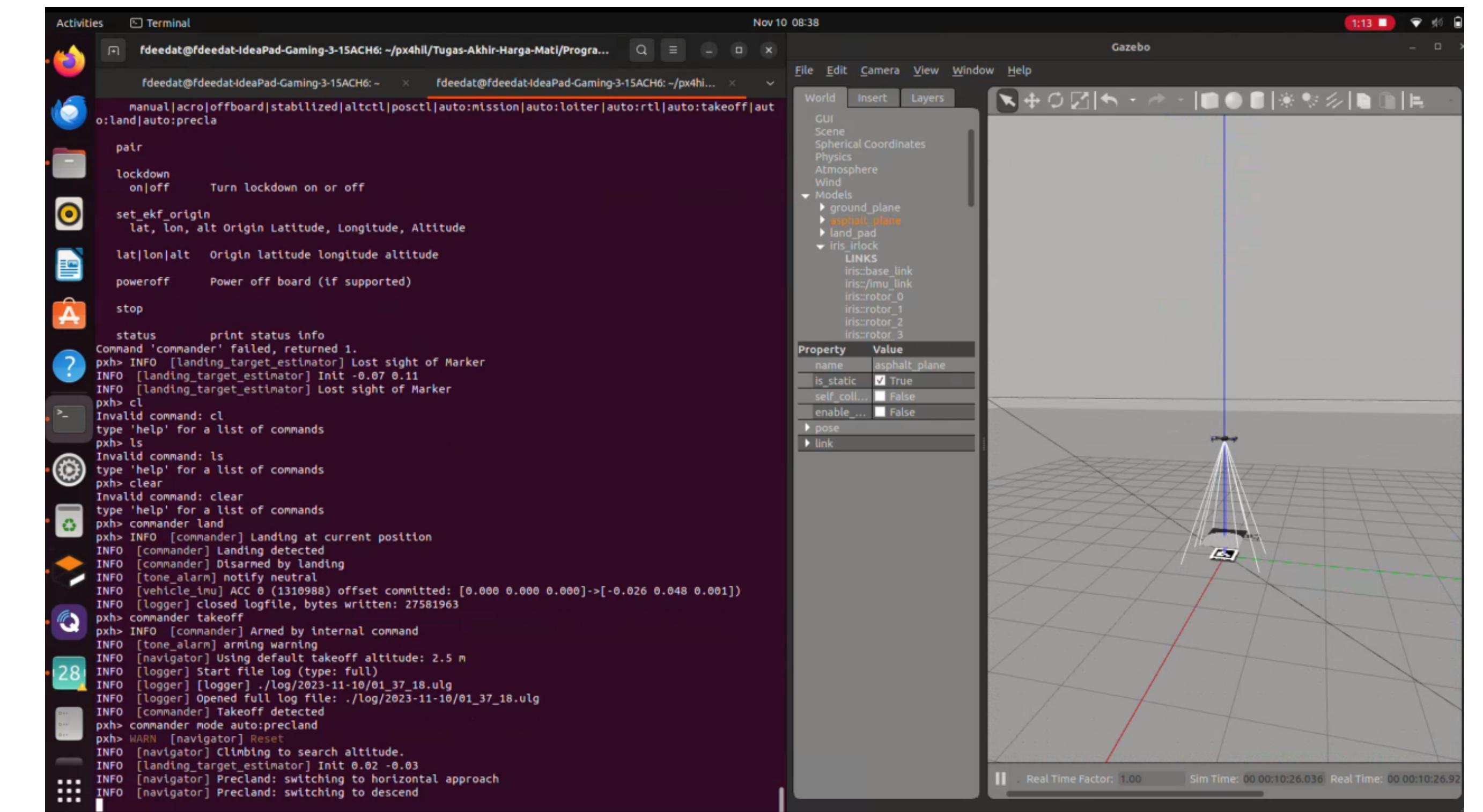
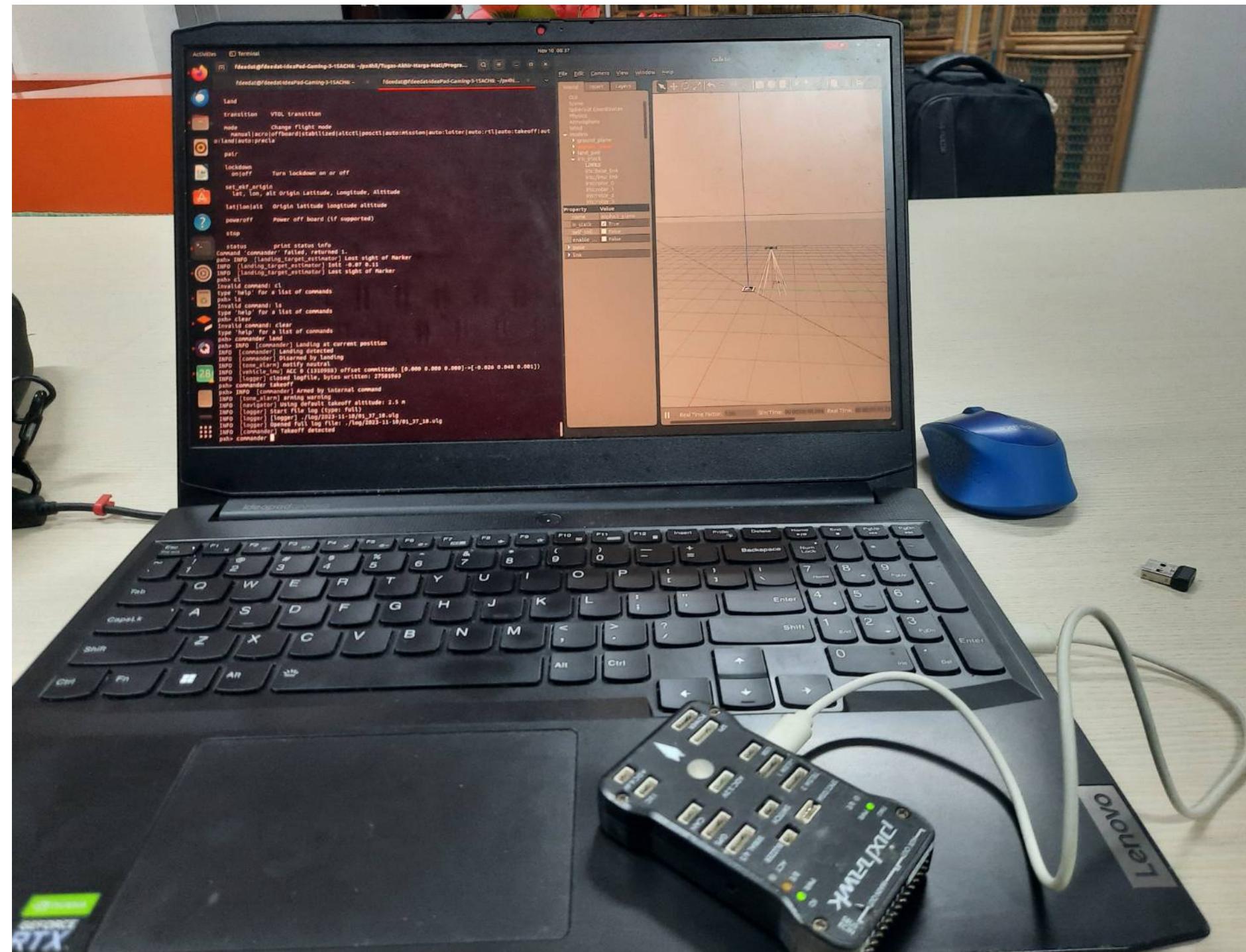
Simulasi Dinamika Sistem

Simulasi dinamika sistem telah dilakukan pada aplikasi Simulink. Diagram blok simulasi dari dinamika sistem dapat dilihat di bawah ini.



Simulasi Metode Hardware in the Loop

Simulasi Hardware in the Loop juga sempat diuji dengan meng-upload software pada Pixhawk dan mensimulasikannya pada perangkat lunak Gazebo. Foto simulasi dapat dilihat di bawah.



Studi Pemrograman Pixhawk

Studi pemrograman pixhawk juga sedang berjalan. Hal ini bertujuan untuk mempelajari bagaimana cara mengimplementasi sistem kontrol yang akan didesain secara langsung kepada pixhawk. Dalam proses ini, pembuatan fungsi baru yang bernama *Hello_Deedat.cpp* telah berhasil diupload kepada pixhawk.

Kendala dan Langkah Selanjutnya

Adapun kendala dan langkah kedepan yang akan dilakukan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

Kendala:

1. Dokumentasi pixhawk yang kurang dapat dibaca.
2. Kurang familiarnya dengan metode pengontrolan yang akan diimplementasi

Langkah Selanjutnya:

1. Memperoleh data dinamika sistem *quadrotor* nyata.
2. Menerapkan dinamika sistem *quadrotor* nyata yang diperoleh kepada simulasi Gazebo.
3. Studi lebih lanjut mengenai kemungkinan sistem kontrol yang akan diterapkan.
4. Studi lebih lanjut mengenai cara mengimplementasi sistem kontrol pada pixhawk.

Terima Kasih