

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Cube Satellite (CubeSat) merupakan salah satu jenis satelit hasil miniaturisasi bervolume  $1000 \text{ cm}^3$  dan massa  $< 1.1 \text{ kg}$  untuk setiap unitnya [1]. Miniaturisasi satelit dilakukan dengan tujuan untuk memangkas biaya peluncuran yang berkisar di antara USD 26.000 - 40.000/kg [2]. Dengan volume dan massa terbatas, CubeSat harus memuat setidaknya sistem ADCS, OBDH, EPS, dan RF. ADCS terdiri dari dua subsistem, yaitu *Attitude Control* (ACS) yang bertugas untuk mengontrol sikap CubeSat agar tetap berada di orientasi yang seharusnya, dan *Attitude Determination* (ADS) yang bertugas untuk mendefinisikan sikap atau orientasi CubeSat selama mengorbit. Sikap CubeSat sangat penting untuk didefinisikan karena CubeSat dapat mengalami disorientasi selama mengorbit. Beberapa dampak yang dapat terjadi apabila CubeSat mengalami disorientasi adalah panel surya pada CubeSat tidak tersinari secara optimal, terjadi *mispointing* antena CubeSat terhadap *ground station* di bumi, dan terjadi *mispointing* pada *payload* CubeSat dalam mengobservasi bumi [3].

Selama mengorbit, sikap atau orientasi CubeSat dapat didefinisikan berdasarkan *external frame* di lingkungan sekitar CubeSat, salah satunya adalah sinar matahari yang menyinari CubeSat [3]. Dalam mendefinisikan orientasi CubeSat berdasarkan *frame* matahari tersebut, diperlukan *sun sensor*. *Sun sensor* dapat dikembangkan dengan menggunakan sel surya atau fotodiode sebagai sensor utamanya. Tetapi, *sun sensor* yang dikembangkan dari sel surya lebih unggul dibandingkan fotodiode dikarenakan sel surya tidak mengkonsumsi daya listrik, dan memiliki *field of view* yang lebih luas dibandingkan dengan fotodiode [4].

Kini, beberapa penyedia panel surya CubeSat menyediakan panel surya *compact* yang dapat bekerja sebagai sumber pencatu daya satelit sekaligus sebagai ADS yang dapat menentukan orientasi CubeSat berdasarkan *frame* matahari. Tetapi, panel surya *compact* ini lebih mahal daripada panel surya CubeSat yang belum terintegrasi ke dalam bentuk *compact panel* [5]. *Compact solar panel* yang sudah memiliki *sun sensor* dengan harga yang kurang terjangkau ini berpotensi membatasi dan menyulitkan pihak pengembang satelit yang ingin mengembangkan

CubeSat namun memiliki biaya yang rendah. Untuk itu, dibutuhkan ADS yang mampu mendefinisikan orientasi CubeSat terhadap *frame* matahari dengan biaya pengembangan yang relatif murah.

Pada pengembangan *sun sensor* yang dilakukan oleh Zahran [6], *sun sensor* yang dikembangkan hanya mampu mendefinisikan sudut azimuth dan elevasi satelit terhadap sinar matahari. Pada tugas akhir ini, *sun sensor* yang dikembangkan selain mendefinisikan sudut azimuth dan elevasi CubeSat, juga dibuat agar mampu mendefinisikan rotasi CubeSat dalam bentuk sudut roll, yaw, dan pitch CubeSat terhadap sumbu CubeSat itu sendiri. Lalu, pada pengembangan ADS yang dilakukan oleh Theil [7] *sun sensor* dikombinasikan dengan magnetometer. Metode ini sangat kompleks dan membutuhkan *database* albedo bumi yang sangat banyak dalam memvalidasi sumber cahaya yang diterima oleh *sun sensor*. Pada tugas akhir ini, *sun sensor* dikombinasikan dengan sensor suhu untuk memvalidasi sumber cahaya yang diterima oleh *sun sensor* apakah berasal dari albedo bumi, atau cahaya matahari, sehingga tidak memerlukan *database* albedo bumi.

Pada tugas akhir ini, dikembangkan ADS menggunakan sel surya yang dibentuk menjadi panel sebagai *sun sensor*. Panel surya atau *sun sensor* ini dipasang pada badan CubeSat, lalu diintegrasikan dengan sensor suhu. Integrasi sensor-sensor tersebut dipasangkan pada kelima sisi CubeSat sehingga terbentuk *3-axis* ADS. Sudut penyinaran sangat mempengaruhi arus panel surya, maka dari itu penting untuk mengukur arus yang dihasilkan panel surya. Pada ADS ini, digunakan sensor arus pada masing-masing panel surya (*sun sensor*). Untuk memvalidasi hasil pengukuran prototipe ADS yang telah dikembangkan, pada tugas akhir ini juga dibuat algoritma simulasi matematis menggunakan aplikasi Matlab. Serupa dengan prototipe ADS yang dikembangkan, simulasi ini juga mengukur sikap CubeSat dalam bentuk sudut rotasi, elevasi, dan azimuth CubeSat terhadap sumber cahaya, dengan memvariasikan sudut roll atau sudut yaw CubeSat terhadap sumber cahaya.

## 1.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimana pengaruh sudut insidensi sumber cahaya terhadap arus yang dihasilkan panel surya?
- b. Bagaimana rancangan dan implementasi ADS berbasis sel surya dan sensor suhu untuk CubeSat 3U?
- c. Bagaimana cara menentukan sikap CubeSat berdasarkan arus yang dihasilkan *sun sensor*?
- d. Bagaimana rancangan simulasi secara matematis dalam menentukan sikap CubeSat menggunakan aplikasi Matlab?

## 1.3 Tujuan dan Manfaat

- a. Menganalisis pengaruh sudut insidensi sumber cahaya terhadap arus yang dihasilkan panel surya
- b. Merancang dan mengimplementasikan ADS berbasis sel surya dan sensor suhu untuk prototipe CubeSat 3U
- c. Mengembangkan ADS yang dapat menentukan sikap (orientasi) CubeSat berdasarkan arus yang dihasilkan *sun sensor* pada masing-masing sisi CubeSat
- d. Menciptakan algoritma simulasi matematis untuk menentukan sikap CubeSat menggunakan aplikasi Matlab

Manfaat dari tugas akhir ini adalah menciptakan ADS dengan memanfaatkan sel surya yang terintegrasi dengan sensor suhu untuk prototipe CubeSat 3U. Pengembangan ADS ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam penelitian teknologi CubeSat di Universitas Telkom.

## 1.4 Batasan Masalah

- a. ADS yang dikembangkan hanya dapat digunakan pada prototipe CubeSat skala laboratorium
- b. Arus masing-masing sun sensor yang diukur adalah arus *short-circuit*
- c. Sel surya yang digunakan adalah sel surya dengan kapabilitas AM1.5
- d. Sistem yang dikembangkan hanya ADS tanpa ACS (Attitude Control System)

- e. Variasi pengukuran dilakukan dengan cara merubah sudut roll dan yaw CubeSat terhadap sumber cahaya
- f. Pengukuran sikap CubeSat dengan sudut roll bervariasi dilakukan dalam kondisi sudut yaw =  $0^\circ$  dan sudut pitch =  $0^\circ$  dengan variasi sudut roll dari  $-90^\circ$  sampai  $90^\circ$  dengan resolusi  $5^\circ$
- g. Pengukuran sikap CubeSat dengan sudut yaw bervariasi dilakukan dalam kondisi sudut roll =  $0^\circ$  dan sudut pitch =  $0^\circ$  dengan variasi sudut yaw dari  $-90^\circ$  sampai  $90^\circ$  dengan resolusi  $5^\circ$
- h. Sumber sinar menggunakan cahaya lampu, bukan sinar matahari
- i. Resolusi azimuth sumber cahaya terhadap CubeSat sebesar  $5^\circ$  dari  $-90^\circ$  sampai dengan  $90^\circ$

### 1.5 Metode Penelitian

- a. Studi Literatur  
Memahami konsep pengaruh sudut insidensi terhadap keluaran sel surya, fungsi ADS dalam CubeSat, serta penentuan sikap (orientasi) CubeSat dalam bentuk sudut azimuth, elevasi, dan rotasi dari karya ilmiah, jurnal, buku, dan lainnya.
- b. Studi Empiris  
Melakukan diskusi dengan dosen pembimbing terkait perancangan prototipe ADS, pengujian ADS yang telah diimplementasikan, serta perbandingannya dengan hasil simulasi.
- c. Perancangan dan Simulasi  
Perancangan model ADS dan melakukan simulasi secara matematis menggunakan aplikasi Matlab.
- d. Implementasi dan Pengujian Alat  
Pengimplementasian dalam bentuk *hardware* untuk kemudian diuji.
- e. Analisa Data  
Data dari hasil simulasi dan pengujian dikumpulkan, dibandingkan, dianalisis, dan kemudian diambil kesimpulannya.

## 1.6 Struktur Penulisan Buku

Pada buku tugas akhir ini, terdapat lima bab utama yang dituliskan. Adapun rincian pada setiap bab adalah sebagai berikut:

- a. Pada bab I, dijabarkan latar belakang yang berisikan masalah yang diangkat beserta solusinya, dan penjelasan terkait pembaharuan penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya. Selanjutnya, pada bab ini dijabarkan rumusan masalah, tujuan dan manfaat yang hendak dicapai, batasan masalah dalam pengerjaan tugas akhir, serta metode penelitian yang digunakan penulis dalam melakukan penelitian serta penyusunan buku tugas akhir.
- b. Pada bab II, dijabarkan tinjauan pustaka yang relevan dengan topik tugas akhir ini, diantaranya adalah tinjauan pustaka terkait Cube Satellite, Attitude Determination and Control System, sel surya, serta metode shunt yang digunakan penulis dalam melakukan pengujian ADS pada tugas akhir ini.
- c. Pada bab III, dijabarkan perancangan sistem yang diawali dengan penjabaran alur tahapan penelitian yang dilakukan penulis dari awal hingga selesai, desain sistem, penjabaran perangkat-perangkat yang digunakan penulis dalam merancang dan mengimplementasikan ADS, serta rancangan perangkat lunak untuk ADS riil (*code* untuk mikrokontroler ADS) dan untuk model ADS pada simulasi (algoritma untuk ADS pada aplikasi Matlab) dalam bentuk diagram alir.
- d. Pada bab IV, dijabarkan hasil implementasi rancangan ADS dan hasil pengujian. Pada bab ini, sebelum melakukan pengujian, dilakukan kalibrasi dan validasi sensor arus dan sensor suhu. Selanjutnya, pada bab ini dijabarkan pengujian ADS dengan menggunakan tingkat kecerahan lampu bervariasi, pengujian ADS dengan melibatkan derau arus dan mengeleminasi derau arus, serta pengujian ADS dengan kondisi CubeSat mengalami rotasi.
- e. Pada bab V, dijabarkan kesimpulan dari hasil seluruh pengujian yang telah dilakukan, serta saran yang diberikan penulis untuk penelitian serupa di masa mendatang.