

Perancangan Dan Realisasi Sistem Gerak Aktif Satelit – Nano Berbasis Saluran Mikrostrip

Defrandi Renanda Haryadi^{1,*}, Heroe Wijanto¹, Budi Syihabuddin¹

¹ Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom

* E-mail : defrandirenandaharyadi25@gmail.com

Abstrak. *Nanosatellite* merupakan satelit yang berukuran kecil dengan memiliki berat sekitar 1-10 kg. Satelit nano mempunyai ukuran 1U atau 10cm x 10cm x 10cm. Satelit nano mengorbit pada orbit LEO (*low earth orbit*) dengan ketinggian 600 – 1000 km. Pada satelit nano terdapat aktuator untuk menggerakkan satelit nano pada orbit LEO. Aktuator mempunyai dua macam tipe, tipe pertama adalah yang berjenis aktuator aktif dan tipe kedua berjenis aktuator pasif. Penulis menggunakan tipe aktuator aktif pada satelit nano dengan jenis aktuator yang digunakan yaitu *magnetorquer*. *Magnetorquer* adalah salah satu jenis aktuator aktif yang digunakan untuk menentukan posisi dan mengatur sikap satelit nano agar satelit nano dapat menjaga orientasi pada orbitnya apabila terjadi guncangan di luar angkasa. Perwujudan dari sistem *magnetorquer* ini adalah sebuah antena mikrostrip yang dialiri arus listrik yang bersumber dari rangkaian H-bridge. Fungsi dari rangkaian H-bridge yaitu untuk membalik arah polaritas positif dan negatif sehingga ketika satelit nano dalam keadaan tergoncang atau tumbling karena tertabrak oleh benda-benda diluar angkasa, satelit nano dapat kembali mengorbit pada orbitnya. Medan magnet yang harus dihasilkan dari *magnetorquer* sekitar 0.20 – 0.45 Gauss.

Kata Kunci: LEO, Magnetorquer, Medan Magnet, Rangkaian H-Bridge, Satelit Nano

1. Pendahuluan

Pengembangan riset teknologi satelit di Indonesia pada saat ini telah mengalami perkembangan yang cukup cepat. Banyak penelitian dan pengembangan di bidang satelit yang dilakukan untuk memenuhi kebutuhan komunikasi dan kapasitas yang diperlukan. Pengembangan yang sekarang sedang dilakukan oleh banyak universitas di dunia ataupun didalam negeri terutama di Indonesia contohnya adalah Universitas Telkom bersama *Aerospace Exploration Centre (AXC)* yaitu dalam pengembangan riset Nanosatelit pada sistem komunikasi satelit. Nanosatelit itu sendiri adalah salah satu jenis satelit yang memiliki dimensi yang kecil dengan ukuran 1U (10x10x10cm) dan memiliki berat 1-10 kg. *Nanosatellite* yang dirancang akan mengorbit pada orbit LEO (*low earth orbit*) dengan ketinggian sekitar 600 – 1.000 km diatas permukaan bumi^[1].

Secara umum dalam komunikasi satelit dibagi menjadi 2 bagian yaitu pada bagian space segment dan ground segment. Pada bagian space segment terdapat subsistem-subsistem pembangun untuk komunikasi satelit diantaranya RF (radio frequency), EPS (electric power system), ADCS (attitude determine and control system), OBDH (on board data handling).

Dalam subsistem ADCS sangat diperlukan karena fungsi dari ADCS adalah untuk menentukan pergerakan dan mengontrol sikap dari satelit agar satelit tetap berorientasi pada orbitnya.

ADCS memiliki peran penting dalam menentukan pergerakan dan mengontrol sikap satelit di orbitnya. ADCS memiliki dua fungsi utama yaitu ADS (attitude determine system) dan ACS (attitude control system). ADS adalah sistem untuk mengobservasi dalam menentukan dan mengubah titik observasi tersebut menjadi sebuah sinyal yang akan diproses oleh controller. ADS ini berupa sensor, contoh sensor yang digunakan antara lain sensor bumi, sensor matahari, sensor bintang. ACS adalah sistem untuk menggerakkan atau mengontrol sikap satelit yang sudah diproses di sistem ADS untuk dieksekusi^[5].

Pada penelitian ini penulis ingin merancang dan membangun sistem dari aktuator aktif yaitu *magnetorquer*. *Magnetorquer* merupakan aktuator yang menghasilkan magnetik momen yang dihasilkan dari lilitan kawat yang dililitkan pada bagian dalam komponen satelit nano yang nantinya magnetorquer ini akan berinteraksi dengan medan magnet bumi sehingga dapat menghasilkan torsi yang dapat menggerakkan satelit nano^[2]. Pada umumnya magnetorquer yang dibuat untuk teknologi

satelit nano ditempatkan pada bagian dalam dari satelit nano dengan melilitkan kawat pada bagian sisi dari struktur dengan menggulung lilitannya membentuk sebuah lingkaran dengan banyak lilitan tertentu. Namun pada penelitian yang penulis rancang, magnetorquer yang ingin dirancang yaitu dengan menggunakan mikrostrip line yang memanfaatkan arus yang mengalir pada mikrostrip line dan akan menghasilkan medan magnet disekitar mikrostrip line. Dalam hal inilah penulis mencoba memanfaatkan medan magnet yang dihasilkan dari mikrostrip line untuk mengontrol sikap dari satelit nano.

2. Perancangan Sistem Magnetorquer

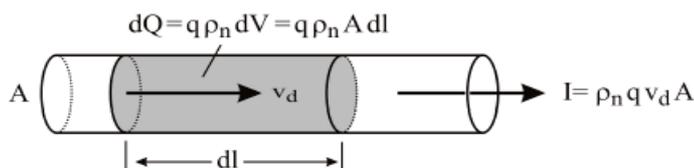
2.1. Magnetorquer

Magnetorquer juga dikenal dengan sebutan *magnetic torquer*, *torque rod* atau *torque bar*^[3]. *Magnetorquer* adalah aktuator yang menghasilkan momen magnetik yang dihasilkan dari lilitan kawat yang dililitkan pada bagian dalam komponen satelit nano sehingga *magnetorquer* ini akan berinteraksi dengan medan magnet bumi sehingga dapat menghasilkan torsi yang dapat menggerakkan satelit nano^{[2][3]}. *Magnetorquer* ini relatif murah dan mudah untuk pengendalian sikap dari pergerakan dari satelit nano. Selain itu juga *magnetorquer* adalah jenis aktuator aktif yang hemat daya, dapat menyesuaikan dimensi yang diperlukan untuk nanosatelit dan presisi, tetapi memiliki respon yang agak lambat^{[3][7]}. Sehingga aktuator jenis ini sesuai dengan jenis satelit yang memiliki ukuran yang kecil seperti, mikrosatelit, nanosatelit, dan pikosatelit. Perhitungan torsi dapat ditentukan dengan persamaan,

$$T = \mu \cdot B_{\text{Earth}} \quad (2.1)$$

Dimana T adalah torsi yang diinginkan dari satelit nano (Joule), μ adalah momen magnetik yang berinteraksi dengan medan magnet bumi untuk menghasilkan torsi pada nanosatelit (Joule/Tesla), dan B adalah medan magnet bumi yang dihasilkan dari bumi (Tesla)^[3].

Dalam magnetorquer, muatan q dalam membentuk arus elektron yang mengalir secara kontinu dalam mengikuti arah medan listrik yang mengalir pada medan magnet maka muatan yang sudah dialiri arus listrik akan membentuk sebuah lintasan lingkaran yang menghasilkan medan magnet pada lilitan kumparan kawat. Gaya Lorentz dihasilkan dari arus yang mengalir pada kumparan kawat dapat dianggap sebagai gaya pada kawat yang dapat menghantarkan arus listrik. Nilai diferensial dQ pada volume kawat dengan panjang dl dapat diketahui dengan menggunakan massa jenis pada kawat yang digunakan ρ ^[3].



Gambar 1. Arus yang mengalir pada kawat^[1]

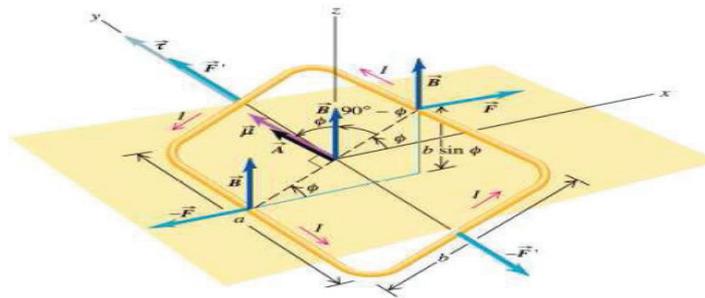
Gaya magnet yang dihasilkan dari adanya arus listrik yang dihantarkan pada kumparan kawat dapat dihitung dengan penurunan volume pada muatan dQ yang berpindah dengan kecepatan muatan v_d dalam medan magnet B adalah,

$$\begin{aligned} d\vec{F} &= dQ \cdot \vec{v}_d \times \vec{B} \\ &= (\rho_n \cdot q \cdot \vec{v}_d \cdot A) \cdot d\vec{l} \times \vec{B} \\ &= (\rho_n \cdot q \cdot v \cdot A) \cdot d\vec{l} \times \vec{B} \\ &= I \cdot d\vec{l} \times \vec{B} \end{aligned} \quad (2.3)$$

Apabila dihitung dengan menggunakan pengintegralan maka nilai gaya magnet yang dihasilkan pada kawat yang dialiri oleh arus dengan panjang L adalah,

$$\vec{F} = L \cdot I \times \vec{B} \quad (2.4)$$

Pada ilustrasi dibawah ini kumparan dapat dibagi menjadi 2 bagian, yaitu berupa a (panjang) dan b (lebar). Dari gambar dibawah ini nilai torsi pada kumparan dapat diketahui dengan menjumlahkan tiap-tiap gaya yang bekerja pada tiap bagian kumparan.

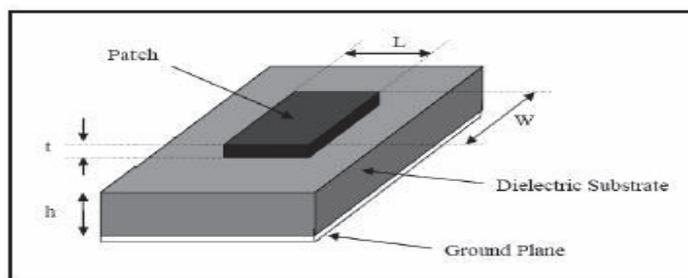


Gambar 2. Ilustrasi vektor-vektor gaya pada sumbu x,y, dan z yang terjadi pada kumparan yang berbentuk persegi[3]

Pada gambar diatas menjelaskan hanya satu dari dua gaya yang berpasangan dalam berkontribusi pada torsi disumbu - y, sedangkan gaya yang lain untuk menyeimbangkan sebagai akibat langsung dari ortogonalitas pada (2.4).

2.2. Saluran Mikrostrip

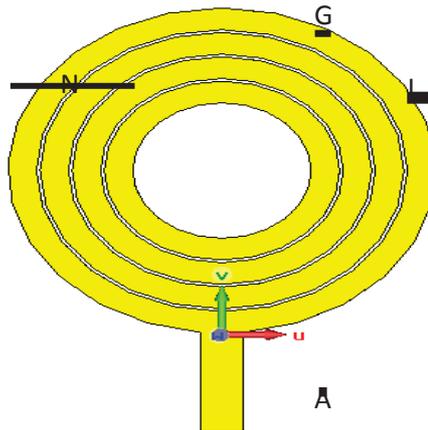
Saluran mikrostrip merupakan saluran yang tersusun atas 3 elemen yaitu elemen peradiasi (*patch*), elemen substart (*substrate*), dan elemen pentanahan (*ground plane*) yang terlihat pada gambar 2.1. Pada patch dan ground plane biasanya digunakan bahan konduktor yang sama. Konduktor yang sering digunakan adalah tembaga. Patch berguna untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik, sedangkan ground plane digunakan sebagai pentanahan atau bidang pemantulan. Antara patch dan ground plane dipisahkan oleh dielektrik atau substrat yang berfungsi sebagai bahan isolasi. Untuk antenna dengan performasi baik diperlukan substrat yang tebal dengan konstanta dielektrik yang kecil karena efisiensinya lebih bagus. Namun pada substrat yang tebal berpengaruh terhadap timbulnya gelombang permukaan. Gelombang permukaan pada antenna mikrostrip merupakan efek yang merugikan karena akan mengurangi sebagian daya yang seharusnya dapat digunakan untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik kearah yang diinginkan^[4].



Gambar 3. Antena Mikrostrip^[5]

2.2.1 Spesifikasi Saluran Mikrostrip Cilcular Spiral

Saluran mikrostrip yang didesain memiliki ukuran 9 x 9 cm dengan patch yang berbentuk circular inductor. Dalam mendesain saluran mikrostrip terlebih dahulu mengetahui tebal dari substrat mikrostrip, bahan substrat, dan panjang antenna mikrostrip. Antena mikrostrip yang dirancang dengan patch berbentuk circular induktor harus mengetahui parameter pembentuknya, salah satu parameter pembentuknya yaitu tebal patch circular induktor, besar jari-jari dalam, lebar, banyaknya putaran, dan celah antar putarannya.



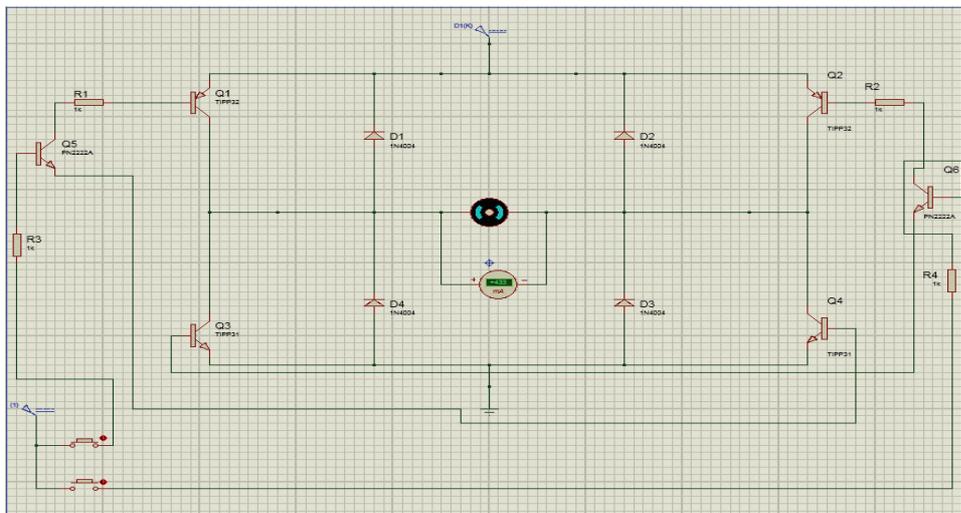
Gambar 4. Patch berbentuk Circular Spiral

Tabel 1. Parameter saluran mikrostrip circular spiral

Parameter	Dimensi (mm)	Keterangan
G	0.5	Celah antara putaran satu dengan putaran dua
L	4	Lebar dari patch
A	0.035	Tebal dari patch
N	4	Putaran

2.3 Rangkaian H-Bridge

Rangkaian H-bridge adalah sebuah rangkaian elektronik yang menggunakan 4 transistor yang berfungsi sebagai switch. Fungsi H-bridge yaitu untuk menggerakkan kecepatan motor dan juga untuk mengontrol arus yang mengalir pada motor sehingga arus yang mengalir pada H-bridge dapat diubah arah polaritas arusnya^[6]. Rangkaian H-bridge terdiri dari 4 transistor, Dua dari transistor digunakan untuk close circuit sumber 5V ke motor sementara dua transistor yang lain digunakan untuk close circuit ke ground. Pada gambar 4 menampilkan rangkaian H-Bridge berfungsi untuk mengubah arah arus yang dicatu ke saluran mikrostrip. Arus yang dihasilkan dari rangkaian H-bridge pada simulasi ini adalah 433 mA.



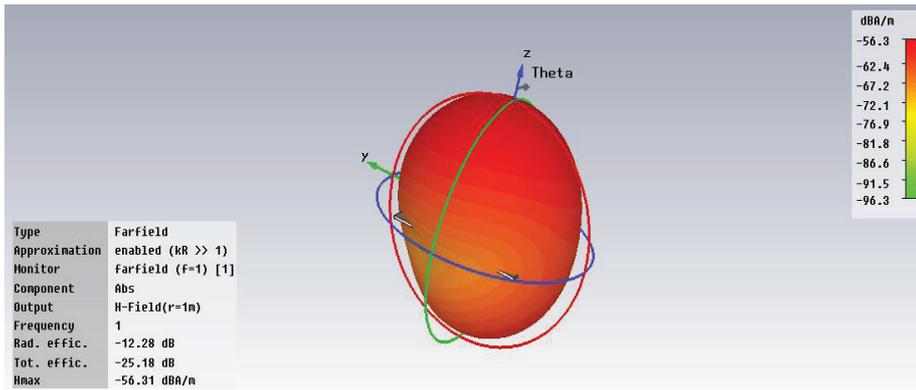
Gambar 4. Rangkaian H-Bridge

3. Hasil dan Pembahasan

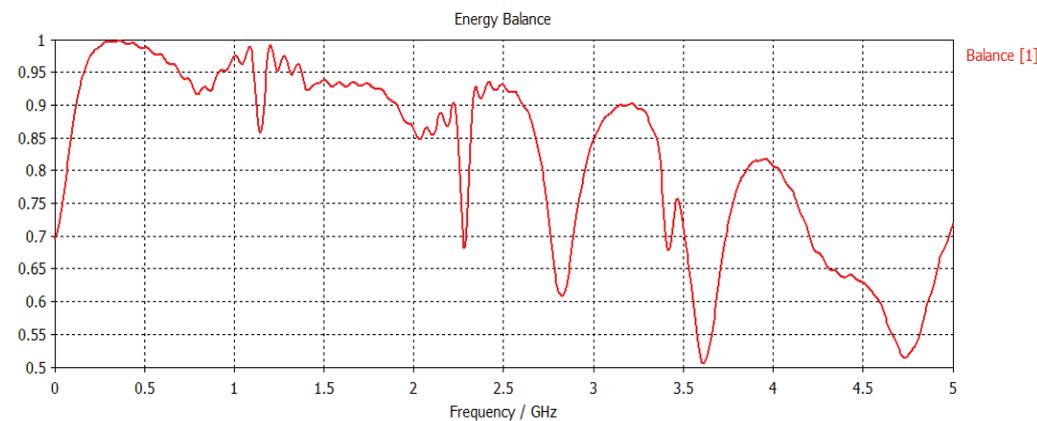
Hasil Perancangan dan Simulasi Saluran Mikrostrip Circular Spiral

Sesuai penjelasan pada bab diatas, perancangan untuk saluran mikrostrip circular spiral dirancang untuk frekuensi 1 GHz. Hasil yang didapat pada gambar 5 dan gambar 6 memperlihatkan polarisasi, kekuatan medan magnet (H) dan energy balance pada saluran mikrostrip circular spiral.

Hmax : -56.31 dBA/m
Rad. Effic : -12.28 dB
Polarisasi : circular



Gambar 5. Hasil simulasi saluran mikrostrip circular spiral



Gambar 6. Energy balance untuk saluran mikrostrip circular spiral

Dari hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai Hmax dan energy balance sudah sesuai yang diharapkan yaitu Hmax : -56.31 dBA/m dan EB : 0.974 satuan. Nilai energy balance ini mengartikan bahwa pola radiasi yang melewati pada catuan saluran mikrostrip circular spiral sudah cukup baik dengan nilai loss (L) yang cukup kecil yaitu L : 0.026.

4. Kesimpulan

Dari hasil simulasi diatas dapat disimpulkan bahwa ketika semakin besar frekuensi dari saluran mikrostrip circular spiral maka semakin kecil energy balance yang didapat, begitu juga pengaruh terhadap nilai kekuatan medan magnet (H). Jadi frekuensi yang bagus digunakan yaitu sekitar 0.36 – 1.9 GHz untuk didapatkan nilai H dan Energy Balance yang baik.

5. Daftar Pustaka

- [1] Edwar. 2011. *Implementasi dan Analisa Imaging Payload Nanosatellite untuk Monitoring Deforestasi Pada Hutan Indonesia*. Tugas Akhir. Institut Teknologi Telkom.
- [2] Francois-Lavet, V. 2010. *Study of Passive and Active Attitude Control Systems for the OUFTI Nanosatellites*. Mater Thesis. Faculty of Applied Sciences University of Liege.
- [3] Giebelmann, J. 2006. *Development of an Active Magnetic Attitude Determination and Control System for Picosatellites ob Highly inclined circular Low Earth Orbits*. Mater Thesis. Engineering and Technology Portfolio RMIT University.
- [4] Novelia, A. D. 2015. *Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip untuk S-Band Transmitter Sistem Synthetic Aperture Radar (SAR) pada Space Segment*. Tugas Akhir. Universitas Telkom.
- [5] T. Gerhart David. 2010. *Passive Magnetic Attitude Control for CubeSat*. *Conference on Small Satellites*, (pp. 1-8).
- [6] Sieben, Vincent. 2003. *A High Power H-Bridge*. *University of Alberta*.
- [7] Sumantri, Bambang,.dkk. 2012. Rancang Bangun Aktuator Pada Prototype Picosatellite Menggunakan Sistem Magnetorquer. The 14th Industrial Electronics Seminar. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.