

Analisis Kinerja Binary Frekuensi Shift Keying pada Pengiriman Citra Nano Satelit

Rahardhita Widyatra*, Gamantyo Hendrantoro, dan Suwadi

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 60111, Indonesia

*e-mail: widyatra.sudiby@gmail.com

Abstrak

Nano satelit merupakan salah satu pusat penelitian yang banyak dikerjakan pada tingkat perguruan tinggi. Tujuan dari dibuat nano satelit dikarenakan ukuran yang relatif kecil dan membutuhkan biaya yang relatif murah. Data yang dikirim dari nano satelit bisa berupa teks maupun citra. Pada proses pengiriman ada beberapa hal yang perlu diperhitungkan, antara lain teknik modulasi yang digunakan dan adanya efek doppler saat satelit mencapai *ground station*. Penelitian ini mengirimkan citra dengan menggunakan modulasi BFSK. Kanal yang digunakan berupa kanal doppler dan tambahan AWGN pada sisi penerima. Hasil pengiriman citra akan berpengaruh terhadap nilai SNR yang digunakan, pada hasil penelitian nilai SNR 8dB sudah bisa mendapatkan hasil yang terbaik. Sedangkan saat ditambahkan kanal doppler pada simulasi maka akan terjadi pergeseran frekuensi pada proses pengiriman.

Abstract

The Analysis of Binary Frequency Shift Keying Performance during Image Transmission Using Nano Satellite. Nano satellite is one major topic that brought many attention from researchers in the universities. Nano satellite was made due to its relatively small size and low cost. Data transmitted via nano satellite could be in form of text or image. During the transmission process, there are several factors that need to be calculated such as modulation technique and doppler effect when data is received by the ground station. This research was using BFSK modulation in sending image data. Doppler channel is used with an addition of AWGN at the receiver side. The result shows that SNR & dB value was at the best mark since the image transmission will affect the value. However, when doppler channel is added, frequency shifting was occurred during the transmission process.

Keywords: nano satellite, doppler effect, BFSK

1. Pendahuluan

Satelit merupakan salah satu alat bantu yang berperan penting dalam berkomunikasi. Dalam beberapa dekade ini telah banyak penelitian untuk mengembangkan satelit. Salah satu tipe satelit yang dikembangkan adalah nano satelit. Nano satelit banyak dikembangkan oleh berbagai kalangan, terutama pada kalangan pendidikan dikarenakan biaya pembuatan relatif murah. Alasan lain seperti yang disebutkan oleh Nugroho [1] bahwa prinsip dari nano satelit adalah dengan memanfaatkan teknologi yang canggih akan memberikan solusi yang baik dalam melayani kebutuhan negara-negara berkembang.

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang sedang meneliti tentang nano satelit. Pada tahun 2011, Indonesia mencoba memulai membuat nano

satelit yang diberi nama *Indonesian Inter-University Satellite-1* (IiNUSAT-1). Satelit yang dibuat hanya fokus pada pengiriman dan penerimaan berupa data teks yaitu pada frekuensi 436,5 MHz pada *uplink* dan 145 MHz pada *downlink*. Sedangkan untuk penelitian selanjutnya difokuskan untuk pengiriman citra sehingga akan terdapat dua frekuensi pada *downlink*, yaitu frekuensi untuk pengiriman teks dan frekuensi untuk pengiriman citra. Frekuensi untuk pengiriman citra yang dipergunakan pada penelitian ini mengacu pada perencanaan ITS-SAT yaitu 2,4 GHz.

Faktor yang diperhitungkan dalam pengiriman citra antara lain adalah lama waktu pengiriman citra. Untuk ITS-SAT direncanakan citra yang dikirim adalah hitam dan putih dengan ukuran 2MP dengan menggunakan *baud rate* 19200 bps sehingga dapat diketahui bahwa

untuk sekali pengiriman secara normal dari satelit ke bumi adalah 833 detik. Pada pengiriman diperlukan adanya proses modulasi, dengan ukuran bit yang besar. Pada proses pengiriman diperlukan modulasi yang memiliki kecepatan tinggi, penelitian sebelumnya telah digunakan GMSK [2], dan BPSK [3] sehingga pada penelitian ini menggunakan MFSK sebagai modulatnya. MFSK diharapkan dapat mempercepat proses pengiriman dikarenakan nilai M-ary yang lebih dari dua.

Orbit yang dipakai pada ITS-SAT adalah *Low Earth Orbit* (LEO) [4]. Hasil penelitian Ali *et al.* [5-6] dikatakan komunikasi antara LEO dengan stasiun bumi akan selalu terjadi efek *doppler*. Karakteristik dari *doppler* untuk satelit yang berada pada LEO juga bergantung dari ketinggian satelit dan sudut inklinasinya.

2. Metode Penelitian

Karakteristik doppler pada satelit LEO. Pada penelitian ini besarnya pergeseran frekuensi *doppler* dilakukan dengan pendekatan matematis. Parameter yang digunakan antara lain nilai eksentrisitas (e) = 0 dengan sudut inklinasi 53° dan memiliki ketinggian dengan bumi sejauh 700 Km.

Sistem koordinat *earth centered fixed* (ECF) dipergunakan untuk menjaga posisi satelit agar selalu pada orbitnya. Pada Gambar 1 dapat dilihat bentuk dari sistem koordinat ECF, P merupakan lokasi terminal di bumi yang dapat mengamati satelit pada sudut elevasi maksimum (θ_{max}), sedangkan M merupakan posisi subsatelit di bumi saat sudut elevasinya maksimum. Posisi satelit dapat ditentukan dengan hukum Cosine pada *plane triangle* SOP.

Selanjutnya jarak sudut antara M dan N yang dapat diukur sepanjang jejak pada permukaan bumi dapat dinotasikan sebagai $\psi - \psi(t_0)$ dan t_0 merupakan waktu saat sudut elevasi bernilai maksimum.

$$\frac{\Delta f}{f} = -\frac{1}{c} \frac{r_E r \sin(\psi(t) - \psi(t_0)) \cos(\cos^{-1}(\frac{r_E}{r} \cos \theta_{max}) - \theta_{max}) \omega_f(t)}{\sqrt{r_E^2 + r^2 - 2r_E r \cos(\psi(t) - \psi(t_0)) \cos(\cos^{-1}(\frac{r_E}{r} \cos \theta_{max}) - \theta_{max})}} \quad (1)$$

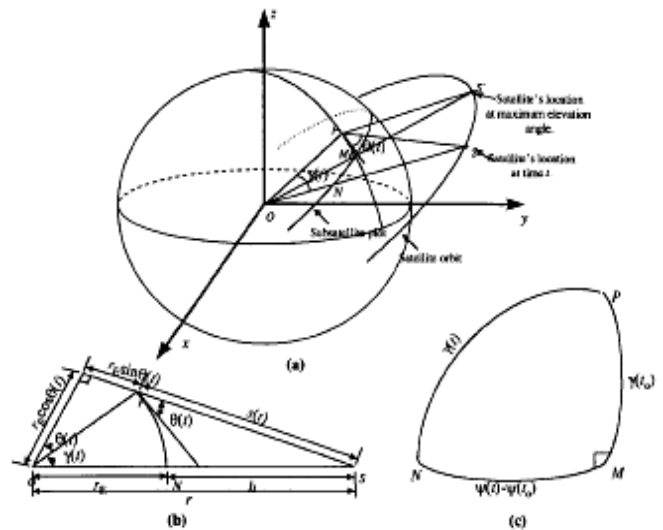
dengan $\psi(t)$ merupakan kecepatan sudut dari satelit pada *frame* ECF, oleh karena $\psi(t) = \omega_f(t)$, maka $\omega_f(t)$ merupakan kecepatan sudut satelit pada *frame* ECF. Pergeseran frekuensi *doppler* yang ternormalisasi ($\Delta f/f$) dapat dicari dari persamaan (s)(t)/c sehingga dapat diketahui bahwa pergeseran frekuensi *doppler* ternormalisasi merupakan fungsi dari sudut elevasi maksimum dan kecepatan sudut ($\omega_f(t)$) dari satelit pada *frame* ECF.

Hal yang perlu diperhitungkan untuk mendapatkan karakterisasi *doppler* adalah durasi kemunculan satelit.

t_v dinotasikan sebagai waktu saat satelit terlihat dari stasiun di bumi. Sudut elevasi yang terjadi saat t_v , merupakan sudut elevasi minimum untuk kemunculan satelit (θ_v). Dengan demikian, durasi total kemunculan satelit terhadap *receiver* di *ground station* dapat diperkirakan dengan persamaan (2).

$$\tau(\theta_{max}) = \frac{2}{\omega_s - (\omega_E \cos(i))} \cos^{-1} \left(\frac{\cos(\cos^{-1}(\frac{r_E}{r} \cos \theta_v) - \theta_v)}{\cos(\cos^{-1}(\frac{r_E}{r} \cos \theta_{max}) - \theta_{max})} \right) \quad (2)$$

Persamaan (1) dapat digunakan untuk mencari nilai pergeseran frekuensi *doppler* ternormalisasi untuk satelit LEO. Agar dapat menggunakan persamaan *doppler* tersebut, maka dibutuhkan beberapa parameter tambahan yang harus diketahui, antara lain seperti tampak pada Tabel 1.



Gambar 1. Gambar Satelit yang Ditetapkan pada Lokasi P, Gambar Spherical Triangle MNP dan Gambar Plane Triangle SOP [5]



Gambar 2. Citra yang Digunakan pada Simulasi [7]

Tabel 1. Parameter yang Dipakai dalam Perhitungan untuk Mengetahui Pergeseran Doppler pada LEO

Variabel	Nilai
r_E	6371 km
H	700 km
R	7071 km
$GM (\mu)$	$3.986 \times 10^{14} \text{ m}^3/\text{s}^2$
Ω_s	0,0011 rad/s
ω_E	$7.2722 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$
ω_f	0,0011 rad/s
θ_{\max}	90°
θ_{\min}	5°
$\tau = (\theta_{\max})$	744 s
$\psi(t) - \psi(t_o)$	0,609 rad

Non koheren BFSK. Pada *binary frequency shift keying* (BFSK). Frekuensi amplitudo sinyal *carrier* terdiri dari dua nilai yang berbeda berdasarkan pesan yang dikirim, setara dengan biner 1 dan 0. Tergantung pada variasi frekuensi yang ditransmisikan, FSK akan memiliki *discontinuous phase* atau *continuous phase* pada transmisi bit. *Frequency shift keying* (FSK) merupakan salah satu signal dengan kontruksi ortogonal, seperti tampak pada persamaan (3).

$$s_m(t) = \text{Re}[s_{ml}(t)e^{j2\pi f_c t}] \quad 1 \leq m \leq M, 0 \leq t \leq T \tag{3}$$

$$s_{ml}(t) = \sqrt{\frac{2\mathcal{E}}{T}} e^{j2\pi m \Delta f t}, 1 \leq m \leq M, 0 \leq t \leq T$$

Pada nonkoheren FSK di mana terdapat dua sinyal yang memiliki *initial phase* $s t = 0$ yang berbeda [8] seperti tampak pada persamaan (4), di mana terdapat dua nilai *phase*, s_1 dan s_2 . Nonkoheren FSK dapat dihasilkan seperti tampak pada Gambar 3. Frekuensi *synthesizer*

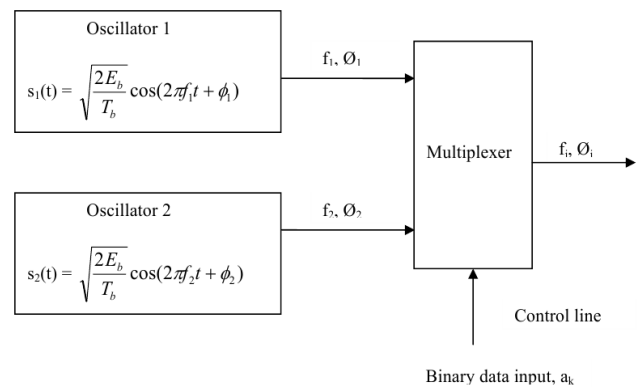
$$s_1(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi f_1 t + \phi_1), 0 \leq t \leq T_b \tag{4}$$

$$s_2(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi f_2 t + \phi_2), 0 \leq t \leq T_b$$

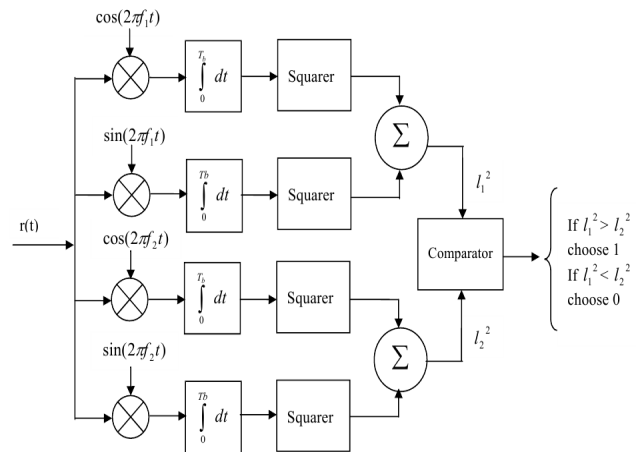
menghasilkan dua frekuensi, f_1 dan f_2 yang kemudian disinkronisasikan. *Binary* input akan mengendalikan *multiplexer*, dan *timing* dari bit harus disinkronisasikan dengan frekuensi *carrier*. Jika *biner* 1 datang maka $s_1(t)$ akan dilewatkan, berlaku sebaliknya jika *biner* 0 datang maka $s_2(t)$ yang dilewatkan.

Pada teknik demodulasi nonkoheren BFSK tidak diperlukan adanya *phase* referensi pada sisi penerima. Nonkoheren umumnya lebih murah dan lebih mudah dalam pembuatannya sebab tidak perlu membangkitkan sinyal referensi dan lebih sering digunakan meskipun dapat menurunkan kinerja pada kondisi kanal tertentu [9].

Nonkoheren FSK modulasi hanya dapat melalui nonkoheren demodulasi, sedangkan untuk koheren FSK sisi penerima dapat dilakukan dengan non koheren demodulasi. Hal ini dapat diimplementasikan dengan menggunakan *correlator* atau ekuivalen, ataupun *matched filter*. Dengan asumsi bahwa sinyal FSK yang dikirim memiliki energi bit yang sama.



Gambar 3. Non Koheren BFSK Modulator[8]



Gambar 4. NonKoheren BFSK Demodulasi [8]

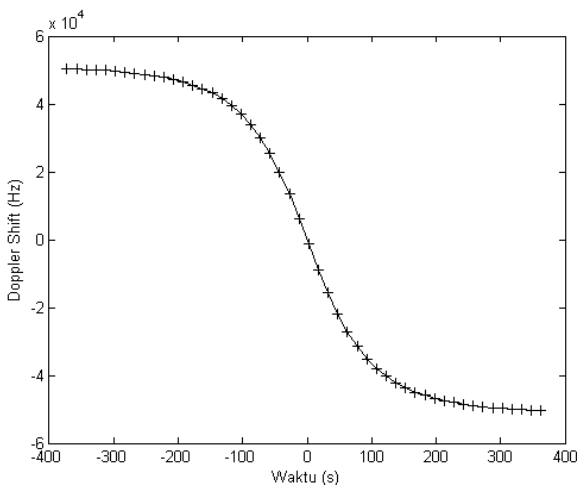
3. Hasil dan Pembahasan

Pergeseran frekuensi doppler. Besarnya nilai pergeseran pada *doppler* dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain frekuensi *carrier* yang digunakan dan besarnya nilai sudut elevasi maksimum dan minimum. Frekuensi *carrier* yang digunakan pada penelitian ini sebesar 2,4GHz, sehingga nilai ini digunakan sebagai variabel masukan untuk mencari pergeseran *doppler*.

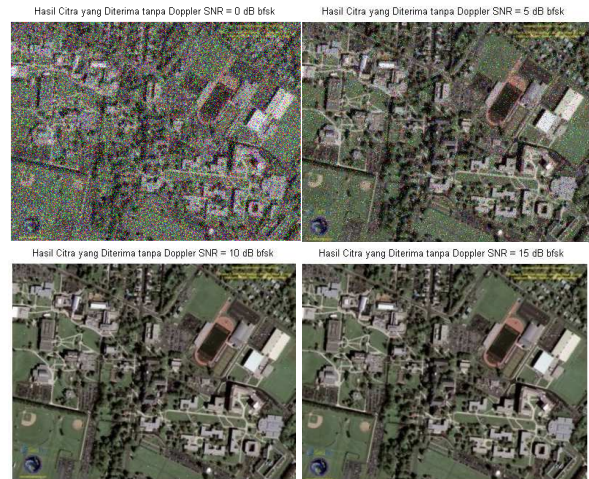
Selain itu pergeseran *doppler* juga dipengaruhi sudut elevasi maksimum dan minimum. Dengan sudut elevasi maksimum adalah sudut terakhir dari sisi *groundstation* atau penerima melihat satelit dan sudut elevasi minimum merupakan sudut awal terlihat. Seperti tampak pada Gambar 5, dengan sudut elevasi maksimum sebesar 90° dan minimum 0° maka didapatkan besarnya nilai pergeseran adalah mendekati 51 KHz dan memiliki waktu tampak relatif sebesar 905 detik.

Penambahan AWGN pada BFSK. Adanya penambahan *addictive white gaussian noise* (AWGN) pada kanal akan berdampak pada hasil citra yang diterima. Seperti diketahui sebelumnya, bahwa AWGN terletak pada sisi penerima, sehingga pada saat pengambilan data ini kanal yang digunakan masih bersifat ideal. Tampak pada Gambar 6, semakin besar nilai SNR maka hasil citra yang diterima akan semakin baik. Hal ini disebabkan karena amplitudo yang terdistorsi sehingga terjadi perubahan nilai amplitudo dari sinyal *baseband* modulasi dan besarnya distorsi tergantung dari nilai SNR yang digunakan.

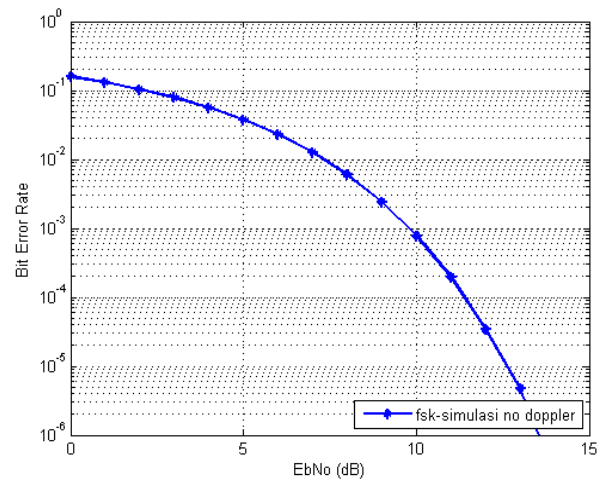
Hal ini juga seperti terlihat pada Gambar 7, di mana semakin besar nilai SNR(E_b/N_0) maka nilai *bit error rate* (BER)-nya juga akan semakin kecil. Dengan demikian hasil citra yang diterima sangat berpengaruh terhadap nilai SNR yang ada.



Gambar 5. Grafik Pergeseran Doppler pada Sudut Elevasi Maksimum 90°



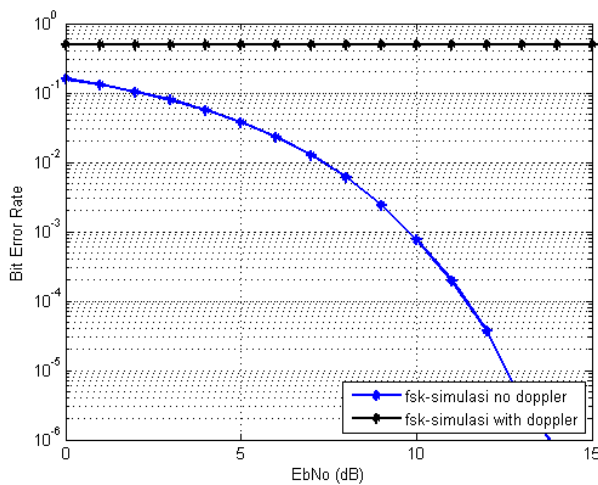
Gambar 6. Pengaruh AWGN pada Citra



Gambar 7. Kurva BER Sinyal Modulasi dengan AWGN

Citra pada kanal transmisi doppler. Efek *doppler* yang terjadi dikarenakan adanya pergerakan dari satelit akan berdampak dari citra yang diterima. Seperti tampak pada Gambar 8, setelah diketahui hasil dari BER saat hanya terkena AWGN maka dapat dibandingkan dengan saat citra terletak pada kanal transmisi *doppler*. Dengan memiliki nilai bentuk kanal yang sama, maka nilai BER tidak akan berpengaruh terhadap nilai SNR dikarenakan nilai dari pergeseran *doppler* yang sudah sangat besar.

Sama halnya seperti yang terlihat pada Gambar 9, gambar ini merupakan hasil dari citra yang diterima setelah adanya pengaruh *doppler*. Gambar yang diterima memiliki *error* yang sangat besar jika dibandingkan dengan hanya gangguan AWGN saja. Hal ini disebabkan karena nilai f_d yang sangat besar yaitu hampir mencapai 51 KHz. Nilai ini hampir dipastikan sangat mempengaruhi nilai pada saat melakukan nonkoheren demodulasi di sisi penerima.



Gambar 8. Kurva BER Sinyal Modulasi dengan Gangguan dan Tanpa Gangguan Doppler



Gambar 9. Perbandingan Hasil Citra Terkena Doppler pada saat SNR 5 dB

4. Simpulan

Proses pengiriman citra pada orbit LEO dengan frekuensi 2,4 Ghz dipengaruhi oleh adanya pergeseran *doppler*. Dengan ketinggian satelit 700 Km di atas permukaan bumi *doppler* maksimum yang dihasilkan dengan frekuensi tersebut dan sudut elevasi minimum 0°

dan maksimum 90° adalah 51 KHz dengan durasi tampak relatif sebanyak 905 detik. Dengan menggunakan modulasi nonkoheren BFSK masih belum mampu untuk mengurangi ataupun meredam dari efek *doppler* tersebut. Dengan demikian penelitian selanjutnya akan mencoba dengan menggunakan koheren BFSK atau pun PLL sebagai kompensasi untuk mengurangi efek *doppler* tersebut.

Daftar Acuan

- [1] A. Nugroho, Indonesian Student Conference on Satellite, Surabaya, Desember, 2011.
- [2] M.R. Habibi, G. Hendratoro, D. Kuswidiastuti, Jurnal Teknik, 1/1 (2012) A-111.
- [3] A. Paulus, E. Setijadi, G. Hendratoro, Jurnal Teknik, 2/2 (2013) A-223.
- [4] M.-H. You, S.-P. Lee, Y. Han, ETRI Journal, 22/4 (2000) 32.
- [5] I. Ali, N. Al-Dhahir, J.E. Hershey, IEEE Trans. On Communications, 46/3 (1998) 309.
- [6] I. Ali, P.G. Bonanni, N. Al-Dhahir, J.E. Hershey, Doppler Application in LEO Satellite Communication System, Springer, New York, 2002, p.113.
- [7] S. Shankland, Attention, Google Maps fans: Here Come GeoEye photos, http://http://news.cnet.com/8301-1023_3-10061686-93.html, 2008.
- [8] J.G Proakis, M. Salehi, Digital Communication, 5th ed., McGraw-Hill Science, New York, 2008, p.1150.
- [9] E.N.O. Sackey, Thesis Master of Science, Electrical Engineering, Blekinge Institute of Technology, Karlskrona, Sweden, 2006.