

ANALISIS PENGARUH TEGANGAN INDUKSI PETIR TERHADAP KUALITAS KOMUNIKASI DATA

Analysis of the Effects of Lightning Induced Voltage on the Quality of Data Communications

Tri Siswanto¹, Jangkung Raharjo Ir., M.T.², Rita Magdalena Ir., M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹iwansicob@yahoo.co.id ²jkr@btp.or.id ³rta@telkom.ac.id

Abstrak

Indonesia merupakan negara yang mempunyai hari guruh pertahun yang sangat tinggi dibandingkan dengan negara-negara lain. Kerapatan sambaran petir di Indonesia juga sangat besar yaitu $12/\text{km}^2/\text{tahun}$, yang berarti pada setiap luas area 1 km^2 berpotensi menerima sambaran petir sebanyak 12 kali setiap tahunnya [1]. Sambaran petir tidak langsung dapat menginduksi saluran telekomunikasi, mengalirkan (konduksi) gelombang elektromagnetik didalam jaringan telekomunikasi yang berupa tegangan induksi yang sering dianggap sebagai noise. Sinyal noise dapat mengganggu sinyal informasi yang berakibat informasi yang diterima Rx menjadi rusak atau salah dalam membaca informasi tersebut.

Untuk meminimalisir gangguan jaringan telekomunikasi khususnya pentransmisi sinyal informasi maka perlu diketahui efek yang ditimbulkan dari gangguan atau noise tersebut sehingga diketahui faktor yang dapat meminimalisir pengaruh yang terjadi. Pada tugas akhir ini menggunakan metode perhitungan model teori rusck, modulasi BFSK dan pemodelan AWGN untuk mengetahui nilai tegangan induksi yang dapat menurunkan kualitas BER dan SNR suatu komunikasi data.

Hasil pengujian sistem pada tugas akhir ini menunjukkan bahwa nilai tegangan induksi petir yang membuat sistem komunikasi data menjadi tidak layak untuk digunakan ketika nilai tegangan induksi lebih dari sama dengan 8.0611 volt karena menghasilkan bit error rate lebih dari 10^{-6} dan nilai SNR kurang dari sama dengan 1.8721 db.

Kata kunci : Tegangan induksi, BFSK, AWGN, SNR, BER.

Abstract

Indonesia is a country has the days of thunder per year which is very high compared with other countries are doing. The density of lightning strikes in Indonesia is also very large, namely $12 / \text{km}^2 / \text{year}$, which means that in every area 1 km^2 has the potential to receive a lightning strike as many as 12 times each year [1]. Indirect lightning strike can induce telecommunications channel, drain (conduction) electromagnetic waves in the telecommunications network in the form of induced voltage is often regarded as noise. Signal noise can interfere with the signal resulting information received Rx information becomes corrupted or incorrect in reading the information.

To minimize the disruption of telecommunications networks, especially the transmission of information signals it is important to know the effects of interference or noise tersbut so unknown factors that can minimize the impact occurred. In this final project using theoretical model calculations rusck, BFSK modulation and AWGN modeling to determine the value of the induced voltage which can degrade the quality of BER and SNR of a communication data.

System test results in this thesis show that the lightning induced voltage that makes the data communication system is not feasible to use is the value of the induced voltage more than equal to 8.0611 volts because the result bit error rate more than 10^{-6} and SNR values less than equal to 1.8721 db.

Keywords : Induced voltage, BFSK, AWGN, SNR, BER.

1. Pendahuluan

Besarnya potensi sambaran petir di Indonesia menjadi suatu masalah tersendiri terhadap jaringan telekomunikasi khususnya transmisi informasi data. Seringkali sinyal informasi yang diterima oleh receiver mengalami kerusakan atau kesalahan dalam membaca bit-bit informasi. Sebagian besar kesalahan pengiriman informasi dalam sistem telekomunikasi disebabkan oleh derau atau noise yang salah satunya disebabkan oleh adanya tegangan induksi akibat sambaran petir tidak langsung yang masuk pada jaringan telekomunikasi yang dapat mempengaruhi sistem komunikasi didalamnya. Untuk meminimalisir kerusakan bit atau bit *error* akibat

sambaran petir tidak langsung atau yang biasa disebut sambaran induksi petir perlu diketahui efek yang terjadi setelah sambaran petir, sehingga diketahui faktor-faktor yang dapat meminimalisir induksi.

Nilai tegangan induksi didapatkan dari persamaan teori model rusck. Derau dari induksi petir atau faktor lainnya yang menyertai sinyal pada sisi penerima dapat didekati dengan model matematis statistik AWGN yang ada didalam sistem modulasi digital BFSK. Derau AWGN merupakan gangguan yang bersifat Additive atau ditambahkan terhadap sinyal transmisi, dimodelkan dalam pola distribusi acak gaussian, dan mempunyai rapat spektral daya yang tersebar merata pada lebar pita frekuensi tak berhingga. Derau atau noise AWGN biasanya dapat disimulasikan menggunakan software matlab dengan fungsi rand dan randn [6]. Analisis dari induksi yang terjadi akan ditinjau dari nilai BER dan SNR yang dihasilkan sebagai parameter performansi dari sistem transmisi yang diteliti.

2. Dasar Teori

2.1 Sambaran Petir

Pada saat terjadi sambaran petir, akan mengalir arus petir pada penghantar turun maka akan timbul tegangan elektromagnetik yang di induksikan oleh nilai maksimum kecuraman arus petir (di/dt)max. Tegangan induksi elektromagnetik dapat terjadi pada loop penghantar turun luar maupun dalam bangunan, bahkan loop yang letaknya jauh atau loop dalam bangunan yang tidak terhubung ke tanah. Ketika kabel berada dekat dengan sumber elektromagnetik, arus dan tegangan yang tidak diinginkan akan diinduksikan kedalamnya. Jika level tegangan induksi ini cukup besar maka noise elektrik yang ditimbulkannya akan menginterferensi transmisi data dan voice yang dilewatkan dalam kabel. Dalam komunikasi data interferensi gelombang elektromagnetik akan menyebabkan turunnya kualitas sinyal yang akhirnya berakibat menaikkan data yang error pada transmisi. Dalam komunikasi analog *Elektromagnetic Interference* akan mengakibatkan naiknya noise elektrik sepanjang saluran transmisi hingga akhirnya S/N transmisi turun. Mekanisme masuknya tegangan transient ke dalam jaringan elektronik dan data salah satunya adalah kopling konduktif. Kopling konduktif menginduksikan tegangan pada benda metal di sekitar sambaran yang tidak dibonding ke ground sehingga mengalirkan arus. Pada sambaran jauh gelombang tegangan akan terinduksi sepanjang konduktor dan arus akan bergerak menuju ke sistem yang diproteksi. Arus petir yang mengalir pada kabel akan mengakibatkan tegangan longitudinal dan tegangan transversal. Tegangan longitudinal akan timbul antara konduktor dengan *metal cable screen* sehingga memberikan tegangan pada rangkaian input dari peralatan dan memberikan lonjakan tegangan pada isolasi antara terminal input dengan pembumian. Tegangan transversal timbul antara masing-masing konduktor pada kabel data hingga memberikan tegangan pada rangkaian input dari peralatan elektronik yang tersambung.

2.2 Model Rusck

Menurut Rusck, untuk mendapatkan besarnya tegangan puncak dari tegangan induksi petir diperoleh persamaan ^[10]:

$$V_{ind} = \frac{h}{d} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{Z}} \beta \frac{1}{\sqrt{1-0.5 \beta^2}} \right) \dots\dots\dots(1)$$

Dengan

$$Z = \frac{1}{4\pi} \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 30 \text{ ohm}$$

- $\beta = \frac{v}{c}$ = tegangan puncak induksi petir (volt)
- Z = impedansi pada ruang hampa/ 30 ohm (ohm)
- i = arus puncak petir (kA)
- d = jarak sambaran dengan saluran distribusi / wilayah perangkat (m)
- h = tinggi saluran distribusi/letak perangkat (m)
- β = rasio antara kecepatan sambaran balik dan kecepatan cahaya
- v = Kecepatan sambaran balik petir (m/s)
- c = Kecepatan cahaya 3×10^8 m/s

2.3 AWGN (Additive White Gaussian Noise)

Additive artinya ditambahkan. Gaussian berarti mengikuti distribusi Gaussian atau distribusi normal. Sedangkan noise ini disebut white karena terdiri dari seluruh frekuensi dalam spektralnya sebagai cahaya putih. [6]. Model sinyal AWGN :

$$y = x + n \dots\dots\dots(2)$$

jika x adalah sinyal yang diterima pada receiver (penerima), dan n adalah noise AWGN. Maka y adalah sinyal pada penerima yang telah ditambahkan AWGN.

$$P_n = 10^{-10} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana jika P_n adalah power dari noise AWGN. Sedangkan karena sinyal yang diterima dan AWGN dalam bentuk tegangan (voltage), maka tegangan adalah akar dari power.

$$y = x + \sqrt{\frac{P_n}{2}} * (\text{randn}(1,1000)) \dots \dots \dots (4)$$

AWGN ini adalah noise alami yang selalu ada disetiap perangkat. Jadi setiap pada perhitungan komunikasi melalui kanal maka harus ditambahkan AWGN. Fungsi randn (1,1000) merupakan untuk meng-generate distribusi normal/distribusi gaussian sebanyak 1000 data ketika dinyatakan didalam sistema simulasi.

2.4 Modulasi BFSK (Binary Frequency Shift Keying)

BFSK merupakan modulasi digital yang merepresentasikan suatu set sinyal atau symbol dengan variasi nilai frekuensi dari sinyal carriernya. Dalam proses modulasi ini besarnya frekuensi gelombang pembawa berubah-ubah sesuai dengan perubahan ada atau tidak adanya sinyal informasi digital. Dalam proses ini gelombang pembawa digeser ke atas dan ke bawah untuk memperoleh bit 1 dan bit 0. Kondisi ini masing- masing disebut *space* dan *mark*. Dalam konsep modulasi ini lebih mudah dalam mendeteksi kembali kandungan *carier* atau proses demodulasinya, kemungkinan kesalahan (*error rate*) sangat kecil. Umumnya komunikasi dengan tipe modulasi BFSK untuk komunikasi dengan rate yang relative rendah, seperti Telex dan modem data dengan bit rate 2,4 Kbps.

Secara umum sinyal BFSK dapat dinyatakan dengan [12][17]:

$$s_i(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi f_i t) \dots \dots \dots (6)$$

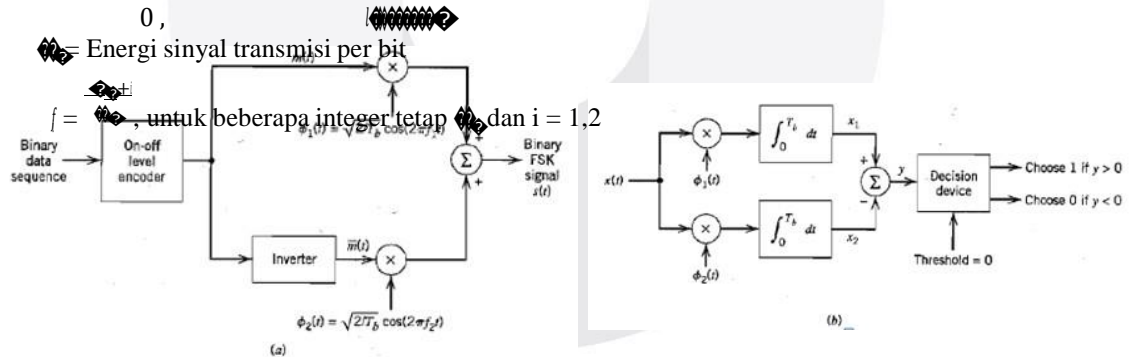
$$0 \leq t \leq T_b \quad i = 1, 2, \dots, M$$

Persamaan umum sinyal BFSK (Binary Frequency Shift Keying) :

$$s_i(t) = \begin{cases} \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi f_i t), & 0 \leq t \leq T_b \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \dots \dots \dots (7)$$

Sinyal dibentuk oleh fungsi basis yang dinyatakan dengan ;

$$\phi_1(t) = \begin{cases} \sqrt{\frac{2}{T_b}} \cos(2\pi f_1 t), & 0 \leq t \leq T_b \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$$



Gambar.1 Blok diagram (a) Modulator BFSK (b) Demodulator BFSK

2.5 BER dan SNR

Bit error rate (BER) Adalah laju kesalahan bit yang terjadi dalam sistem transmisi digital, dimana besaran ini merupakan ukuran kualitas sinyal dalam sistem komunikasi digital. Untuk komunikasi data adalah $BER \leq 10^{-6}$ artinya dalam 1 juta bit sinyal yang dikirimkan maka maksimum jumlah bit yang boleh salah adalah 1 bit berdasarkan WLAN standart 802.11g. [18] Berikut persamaan untuk mencari nilai bit error rate :

$$BER = \frac{\text{Jumlah bit yang salah}}{\text{Jumlah bit yang dikirim}} \dots \dots \dots (9)$$

Signal to noise ratio (SNR) merupakan perbandingan (ratio) antara kekuatan Sinyal (signal strength) dengan kekuatan Derau (noise level). Nilai SNR dipakai untuk menunjukkan kualitas jalur (medium) koneksi.

Makin besar nilai SNR, makin tinggi kualitas jalur tersebut. Satuan ukuran SNR adalah decibel (dB) ← logarithmic. Berikut Klasifikasi Margin SNR yang dikeluarkan oleh *opensource.telkomspeedy.com* :^[18]

- 29,0 dB ~ ke atas = Outstanding (bagus sekali)
- 20,0 dB ~ 28,9 dB = Excellent (bagus) • Koneksi stabil.
- 11,0 dB ~ 19,9 dB = Good (baik) • Sinkronisasi sinyal ADSL dapat berlangsung lancar.
- 07,0 dB ~ 10,9 dB = Fair (cukup) • Rentan terhadap variasi perubahan kondisi pada jaringan.
- 00,0 dB ~ 06,9 dB = Bad (buruk) • Sinkronisasi sinyal gagal atau tidak lancar (terputus-putus).

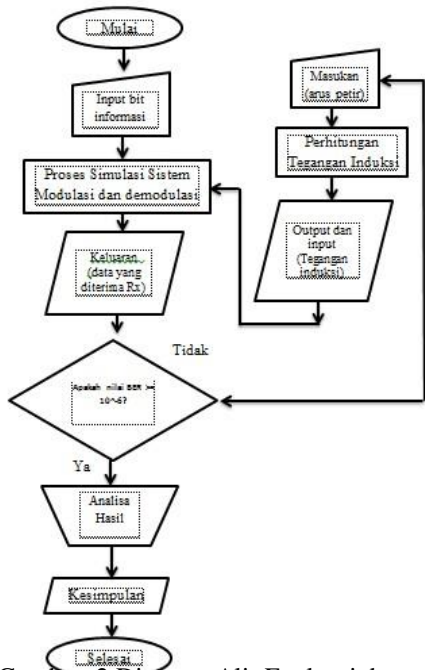
Berikut persamaan untuk mencari nilai SNR :

$$SNR (db) = 20 \log \frac{P_{sinyal}}{P_{noise}} \dots \dots \dots (10)$$

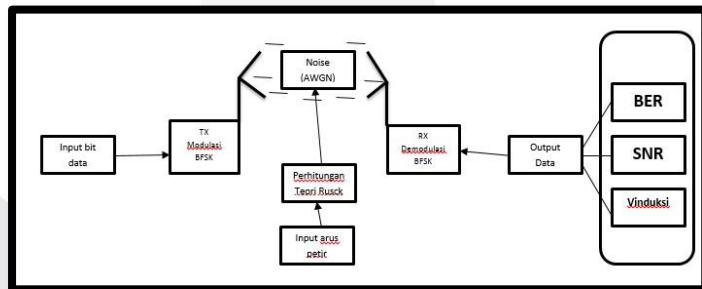
3. Pembahasan

3.1 Diagram alir

Sebelum pembuatan sistem maka terlebih dahulu dibuat suatu diagram alir atau flowchart. Pada gambar 2 adalah diagram alir tahapan-tahapan proses dalam pembuatan sistem agar nantinya lebih memudahkan dalam pembuatan sistem. Perancangan sistem ini digunakan untuk membuat struktur langkah – langkah program. Pada gambar.3 merupakan bentuk struktur simulasi yang dibuat di program *software* matlab.



Gambar. 2 Diagram Alir Evaluasi dan pengujian



Gambar.3 Struktur Sistem Simulasi

Simulasi pengujian dimulai dengan *input* data berupa bit untuk diproses secara sistem komunikasi khususnya proses modulasi BFSK dengan ditambahkan nilai tegangan noise. Sinyal informasi yang dikirimkan Tx akan diterima oleh Rx kemudian ditampilkan dalam bentuk bit data, dan tampilan nilai tegangan induksi, nilai BER dan nilai SNR. Simulasi akan terus melakukan perhitungan sampai mendapatkan nilai tegangan induksi yang dapat mengakibatkan nilai BER > 10⁻⁶. Hasil data simulasi tersebut bisa dianalisis pengaruh dari noise tegangan induksi petir terhadap nilai BER dan SNR dari sinyal informasi yang ditransmisikan oleh Tx.

Nilai parameter yang digunakan didalam simulasi ini adalah sebagai berikut :

Nilai parameter modulasi BFSK : Bit rate 2400 bps, frekuensi1 4807 Hz, fekuensi2 7211 Hz, perioda bit 1/2400 s, tegangan pembawa 10 volt dan bit input 10⁶ bit dan 10⁷ bit. Untuk nilai parameter perhitungan model rusck, nilai yang digunakan adalah sebagai berikut : I (arus petir) 10-70 ampere, d (jarak) 2000 meter, h (tinggi perangkat dari tanah) 6.5 meter, dan v (kecepatan sambaran balik petir) 1.5x10⁸ m/s.

3.2 Data Hasil Simulasi

Berikut adalah data hasil dari simulasi dari 3 skenario :

1. Skenario Pertama

Dengan Inputan arus petir (I_o) yang berbeda sesuai tabel 4.1 dan input bit 10^6 .
Tabel.1 Hasil Simulasi dengan nilai I_o yang berbeda

Input dengan nilai I_o yang berbeda					
No	I_o (ampere)	V_i (volt)	BER	SNR (db)	Bit Error
1	10	1.3435	0	17.4351	0
2	20	2.687	0	11.4145	0
3	30	4.0305	0	7.8927	0
4	40	5.3741	0	5.3939	0
5	50	6.7176	1×10^{-6}	3.4557	1
6	60	8.0611	3.2×10^{-5}	1.8721	32
7	70	9.4046	2.67×10^{-4}	0.53319	267

2. Skenario kedua

Dengan Inputan arus petir (I_o) yang berbeda sesuai tabel 4.1 dan input bit 10^7 .
Tabel.2 Hasil Simulasi dengan input bit 10^7

Input dengan jumlah bit 10^7					
No	I_o (ampere)	V_i (volt)	VER	SNR (db)	Bit Error
1	10	1.3435	0	17.4351	0
2	20	2.687	0	11.4145	0
3	30	4.0305	0	7.8927	0
4	40	5.3741	0	5.3939	0
5	50	6.7176	1×10^{-6}	3.4557	10
6	60	8.0611	3.310^{-5}	1.8721	330
7	70	9.4046	2.718×10^{-4}	0.53319	2718

3. Skenario ketiga

Dengan mengubah nilai tegangan pembawa (V_b) . $10 \leq V_b \leq 15$ volt, input bit 10^6 dan pada dua nilai arus yaitu 60 A dan 70 A.

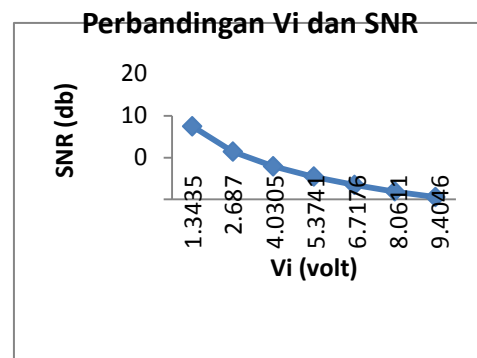
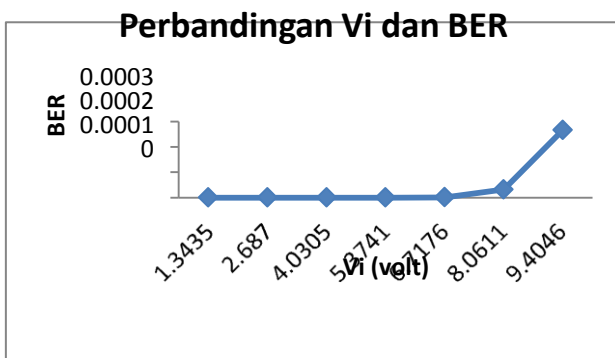
Tabel.3 Hasil Simulasi dengan nilai V_b yang berbeda dan $I_o = 60A$. Tabel.4 Hasil Simulasi dengan nilai V_b yang berbeda dan $I_o = 70A$.

Input dengan nilai V_b yang berbeda				
No	V_b (volt)	SNR (db)	Bit Error	BER
1	10	0.53319	267	2.67×10^{-4}
2	11	1.361	18	1.8×10^{-5}
3	12	2.1168	16	1.6×10^{-5}
4	13	2.8121	1	1×10^{-6}
5	14	3.4557	1	1×10^{-6}
6	15	4.055	0	0

Input dengan nilai V_b yang berbeda				
No	V_b (volt)	SNR (db)	Bit Error	BER
1	10	1.8721	32	3.2×10^{-5}
2	11	2.7	1	1×10^{-6}
3	12	3.4557	1	1×10^{-6}
4	13	4.151	0	0
5	14	4.7947	0	0
6	15	5.3939	0	0

3.3 Analisis Data Hasil Pengujian Sistem Simulasi

3.3.1 Skenario Pertama



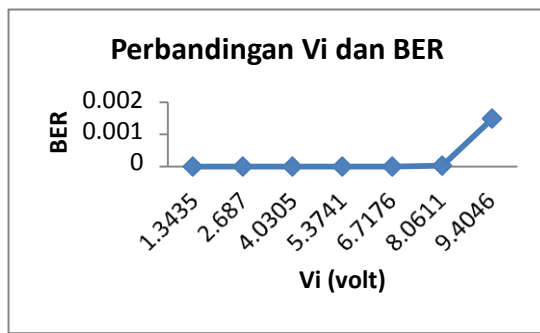
Grafik.1 Perbandingan Vi dan VER

Grafik.2 Perbandingan Vi dan SNR

Pada Tabel.1, grafik.1 dan grafik.2 menunjukkan bahwa nilai arus dan nilai tegangan induksi yang masih berada dalam batas toleransi komunikasi data dengan $BER \leq 10^{-6}$ adalah arus 10 - 50 Ampere dan tegangan induksi 1.3435 – 6.7176 volt, sehingga dengan nilai arus petir dan tegangan induksi tersebut maka sistem komunikasi data masih layak digunakan, dan nilai arus dan tegangan induksi yang dapat membuat nilai $BER > 10^{-6}$, berada diluar batas toleransi komunikasi data adalah arus 60 dan 70 ampere dan tegangan induksi lebih dari 8.0611 volt, sehingga dengan nilai arus petir dan tegangan induksi tersebut maka sistem komunikasi data tidak layak digunakan. Dan nilai SNR yang dapat membuat nilai $BER > 10^{-6}$, berada diluar batas toleransi komunikasi data adalah $SNR \leq 1.8721$ db, dan nilai SNR lebih dari 3.4557 db masih memberikan nilai $BER \leq 10^{-6}$ sehingga sistem komunikasi data masih layak digunakan. Hubungan nilai BER dan SNR adalah berbanding terbalik Jika nilai BER semakin besar maka nilai SNR semakin kecil dan begitu sebaliknya.

Pada Tabel.1 menunjukkan bahwa nilai terkecil arus petir $I_o=10$ A dapat menghasilkan tegangan induksi $V_i=1.34.35$ volt dan nilai terbesar arus petir $I_o=70$ A dapat menghasilkan tegangan induksi $V_i=9.4046$ volt, sehingga hubungan nilai arus petir dan nilai tegangan induksi berbanding lurus, jadi semakin besar nilai arus petir maka nilai tegangan induksi juga akan semakin besar, dan begitu sebaliknya. Dan nilai terkecil tegangan induksi $V_i=1.3435$ volt dapat menghasilkan nilai $BER= 0$ dengan $SNR=174351$ db, dan nilai terbesar tegangan induksi $V_i=9.4046$ volt dapat menghasilkan nilai BER menjadi 0.000267 dengan $SNR=0.53319$ db, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai tegangan induksi maka nilai BER akan semakin besar dan nilai SNR akan semakin kecil, jika nilai tegangan induksi semakin kecil maka nilai BER akan semakin besar dan nilai SNR akan semakin besar.

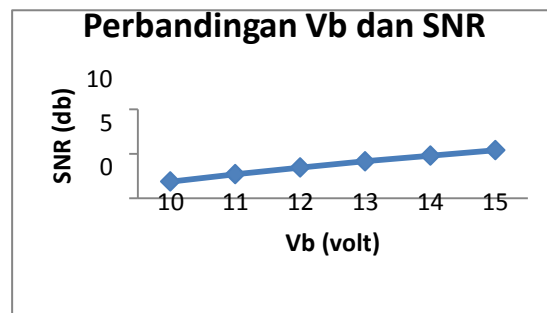
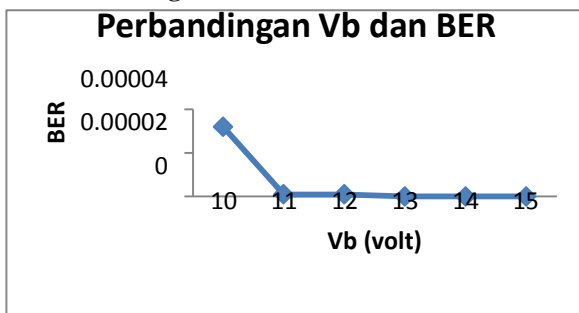
3.3.2 Skenario Kedua



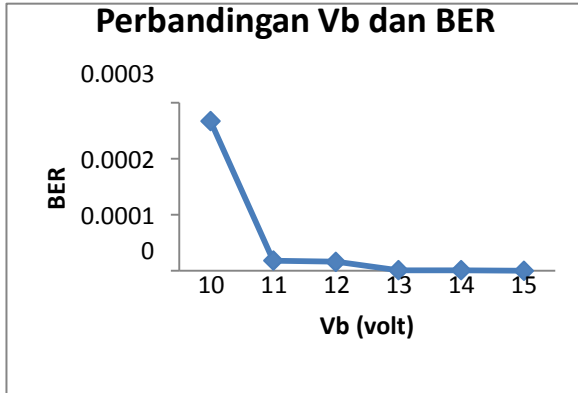
Grafik.3 Perbandingan Vi dan BER dengan bit 10⁷

Pada Tabel.2 dengan input bit yang lebih besar yaitu 10⁷ menunjukkan bahwa nilai arus petir dan tegangan induksi yang masih menghasilkan nilai $BER \leq 10^{-6}$ adalah arus 10 – 50 A dan tegangan induksi 1.3435 – 6.7176 volt, sehingga dengan nilai arus petir dan tegangan induksi tersebut maka sistem komunikasi data masih layak digunakan, dan nilai arus dan tegangan induksi yang dapat membuat nilai $BER > 10^{-6}$, berada diluar batas toleransi komunikasi data adalah arus 60 dan 70 ampere dan tegangan induksi lebih dari 8.0611 volt, sehingga dengan nilai arus petir dan tegangan induksi tersebut maka sistem komunikasi data tidak layak digunakan. Jika dibandingkan pada Tabel.1 dan Tabel.2 menunjukkan bahwa nilai input bit yang sebelumnya yaitu 10⁶ pada $I_o=50$ A dan $V_i = 6.7176$ volt menghasilkan jumlah bit error = 1, dan ketika dinaikkan input bit menjadi 10⁷ menghasilkan jumlah bit error = 10, sehingga dengan input bit yang lebih besar akan menghasilkan bit error yang lebih besar juga tetapi bertambahnya bit error tersebut tidak merubah nilai BER dari batas toleransi komunikasi data yaitu $BER \leq 10^{-6}$, karena dalam kondisi nilai arus petir dan tegangan induksi yang sama.

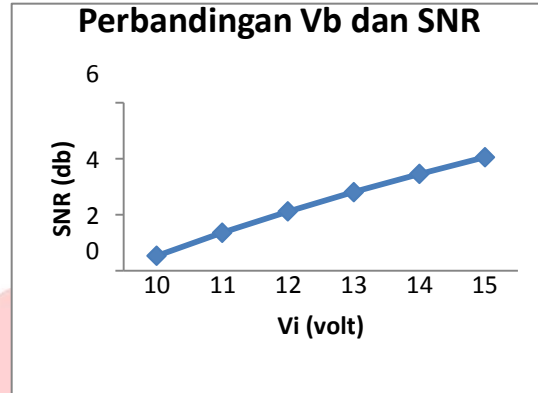
3.3.3 Skenario Ketiga



Grafik.4 Perbandingan Vb dan BER dengan Io = 60 A



Grafik.5 Perbandingan Vb dan SNR dengan Io = 60 A



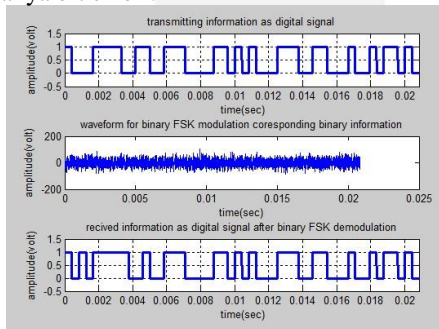
Grafik.6 Perbandingan Vb dan BER dengan Io = 70 A

Grafik.7 Perbandingan Vb dan SNR dengan Io = 70 A

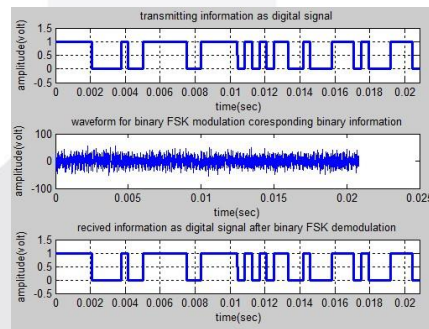
Pada Tabel.3 dan grafik.4 menunjukkan bahwa pada arus 60 A nilai BER menjadi $\leq 10^{-6}$ ketika nilai $V_b \geq 11$ volt, dan , pada tabel.4 dan grafik.6 menunjukkan bahwa arus 70 A nilai BER menjadi $\leq 10^{-6}$ ketika nilai $V_b \geq 13$ volt, sehingga sistem komunikasi data menjadi layak untuk digunakan. Pada grafik.5 menunjukkan adanya peningkatan nilai SNR ≥ 2.7 db pada arus 60 A setelah adanya kenaikan nilai $V_b \geq 11$ volt sehingga batas toleransi komunikasi data BER $\leq 10^{-6}$ menjadi terpenuhi, dan grafik.7 juga menunjukkan adanya peningkatan nilai SNR setelah adanya kenaikan nilai V_b . Nilai toleransi BER $\leq 10^{-6}$ menjadi terpenuhi ketika input $V_b \geq 13$ volt, dengan nilai SNR yang dihasilkan menjadi ≥ 2.8121 db.

Dengan menaikkan nilai tegangan pembawa (V_b) dapat mengurangi jumlah bit yang error atau menurunkan nilai BER, karena tegangan pembawa yang lebih besar akan lebih tahan terhadap noise. Nilai V_b juga tidak bisa dinaikkan secara bebas karena harus disesuaikan dengan sistem komunikasi yang ada disekitarnya, hal ini untuk menghindari adanya interferensi antar sistem komunikasi dan untuk menjaga nilai efisiensi daya pada perangkat.

Berikut adalah gambar cuplikan hasil keluaran simulasi yang terdapat bit error dan keluaran simulasi yang tanpa adanya bit error :



Gambar 4.1 Hasil simulasi terdapat bit error



Gambar 4.2 Hasil simulasi tanpa ada bit error

Sinyal informasi yang dikirimkan di tranmitter bercampur dengan sinyal noise tegangan sehingga sinyal analognya terdapat ripple (sinyal yang tidak diinginkan), karena terdapat nilai noise tegangan yang besar maka sinyal informasi yang diterima di receiver terdapat bit yang salah atau bit yang error, seperti yang ditunjukkan gambar 4.1 terdapat perbedaan sinyal informasi yang dikirimkan dengan sinyal informasi yang diterima. Pada gambar 4.2, menunjukkan sinyal informasi yang dikirimkan dan sinyal informasi yang diterima tidak terdapat perbedaan yang artinya tidak terdapat bit yang error, hal ini dikarenakan nilai sinyal noise tegangan yang bercampur dengan sinyal informasi yang dikirimkan tidak terlalu besar sehingga tidak merubah sinyal informasi.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis simulasi tugas akhir ini, dihasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem komunikasi data menjadi tidak layak untuk digunakan ketika terdapat arus petir sebesar lebih dari sama dengan 60 ampere dan terdapat tegangan induksi sebesar lebih dari sama dengan 8.0611 volt, dan terdapat nilai SNR kurang dari sama dengan 1.8721 db.

2. Agar komunikasi data masih layak untuk digunakan maka nilai tegangan induksi tidak boleh lebih dari 6.7176 volt, nilai arus petir tidak boleh lebih dari 50 ampere, dan terdapat nilai SNR lebih dari sama dengan 3.4557 db.
3. Dengan nilai tegangan pembawa lebih dari sama dengan 13 volt maka sistem komunikasi data menjadi layak untuk digunakan pada arus petir 60 ampere dan 70 ampere
4. Dengan menaikkan nilai tegangan pembawa (V_b) pada perangkat transmitter dapat mengurangi jumlah bit yang *error* atau menurunkan nilai BER.
5. Diperlukan arrester internal yang dipasang sebelum perangkat transmitter untuk memotong tegangan induksi sebesar lebih dari sama dengan 8.0611 volt yang akan masuk ke perangkat transmitter.

5. Saran

Adapun saran untuk tugas akhir atau penelitian selanjutnya adalah :

1. Bisa menggunakan modulasi digital diatas BFSK seperti QAM agar bisa mengikuti perkembangan dilapangan yang sudah semakin maju.
2. Bisa mencoba untuk mengetahui pengaruh tegangan induksi (V_i) terhadap nilai BER dan SNR jika nilai bit rate diubah-ubah .
3. Untuk inputan bit data bisa menggunakan data yang lebih banyak misalnya 10^8 , 10^9 , 10^{10} dan seterusnya untuk mendapatkan data yang lebih real dilapangan yang sudah semakin maju..

Daftar Pustaka

- [1] PT. Aman Berkah Sejahtera. "Thunder days per years". 8 April 2013. www.petir.com
- [2] Bandri, Spannur. Januari 2014. " Sistem Proteksi Petir Internal dan Eksternal ". Padang. Jurnal Teknik Elektro ITP Volume 3 No.1
- [3] Edwards D.W dan Wherett P.M. 2001. " A six pointt protection approach for lightning protection, surge protection and grounding for low voltage facilities ". Erico.
- [4] Hirai T., Takinami T., Okabe S. 2002. " Observation of Lightning Phenomena on Real Distribution Lines ". France. ICLP.
- [5] Arnold Y.W, Juningtyastuti, dan Ajulian Ajub. 2005. "Pengaruh Sambaran Petir Terhadap Saluran Telekomunikasi". Semarang, Indonesia. Fakultas Tehnik, Universitas Diponegoro.
- [6] S.M. Kuo, B.H.Lee, and W. Tian. 2013. "Real Time Signal Processing : Fundamental, Implementation and Application, 3rd Ed., wiley, west Sussex.
- [7] Zoro, Reynaldo. April 2009. " Induksi dan Konduksi Gelombang Elektromagnetik Akibat Sambaran Petir Pada Jaringan Tegangan Rendah ". Bandung. ITB Bandung Makara Teknologi Vol. 13, No. 1.
- [8] Zakwan, Akhmad. 2003 " Analisa Pentanahan Terintegrasi Di Stasiun Relay Trans TV – Bandung ".Bandung. STT Telkom.
- [9] Zoro, R. 1993. " Handout Pelatihan Petir dan Sistem Proteksi Petir ". Bandung, ITB.
- [10] Affandi, M. Yusron. Desember 2009. " Studi Pengaruh Tegangan Lebih Akibat Induksi Petir Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi Menggunakan Coupling Model ". ITS Kampus Surabaya. Proceeding Seminar Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro-FTI ITS.
- [11] WNDW. Third Edition, 2013 "Wireless Networking in the Developing World". Copenhagen, Denmark.
- [12] Haykin, Simon. 4th Edition, 2001. " Communication System ". MacMaster University, Amerika.
- [13] E. Biglieri. 2005. " Coding for wireless Channels ". pp.39, Springer.
- [14] H. Schulze and C. Leuders. 2005. " Theory and Application of FDMA and CDMA : wideband Wireless Communication ". Wiley, England.
- [15] EEPIS. 2010. " Praktikum Pengolahan Sinyal Digital ". ITS, Surabaya.
- [16] Schwart, Mischa. Edisi ke 3, 1986. " Transmisi informasi, Modulasi dan bising" .Erlangga, Jakarta.
- [17] Meylani Linda, D.Prasetyo Agus. 2016. " Sistem komunikasi 2 Modulasi Digital : QAM & FSK" ". FET, Telkom University, Bandung.
- [18] Iqbal, m. 2016. *Istilah Satuan Telekomunikasi*. <http://miqbal.staff.telkomuniversity.ac.id/istilah-satuan-telekomunikasi/>. Diunduh 5 Juni 2016.