

Implementasi dan Evaluasi Kinerja Kode Konvolusi pada Modulasi *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK) Menggunakan WARP

Desrina Elvia, Suwadi, dan Titiek Suryani

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: desrinaelvia13@gmail.com, suwadi110@gmail.com, titiks@ee.its.ac.id

Abstrak—Komunikasi digital membutuhkan suatu sistem komunikasi yang memberikan transfer data handal dan tahan terhadap *noise* yang terdapat pada kanal transmisi. Untuk memberikan transfer data yang handal dan tahan terhadap *noise* maka dibutuhkan suatu sistem pengkodean kanal yang mampu mendeteksi kesalahan dan mengoreksi kesalahan. Kode konvolusi merupakan suatu teknik pengkodean kanal yang dapat mendeteksi dan mengoreksi kesalahan. Dengan menggunakan kode konvolusi maka akan mempengaruhi nilai *Bit Error Rate* (BER), dan modulasi *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK) merupakan suatu modulasi yang memiliki efisiensi *bandwidth* dua kali lebih besar, karena dua bit dikirimkan pada satu *symbol* sinyal termodulasi. Dengan implementasi pada *Wireless Open-Access Research Platform* (WARP) akandi analisis kinerja dari kode konvolusi pada modulasi QPSK. Dari hasil implementasi dan pengukuran menunjukkan bahwa pada saat daya pancar sama, modulasi QPSK dengan kode konvolusi memiliki BER lebih kecil dibandingkan modulasi QPSK tanpa kode konvolusi, yaitu untuk kode konvolusi dengan kode rate 1/2 pada jarak 6 meter nilai BER = 0.00065232 sedangkan untuk nilai BER tanpa kode konvolusi = 0.0048828, dan untuk pengkodean dengan code rate 7/8 memiliki nilai BER lebih baik dibandingkan pengkodean dengan code rate 1/2, 2/3, 3/4 dan 5/6 dengan nilai BER = 0.00037495.

Kata Kunci— Kode konvolusi, QPSK, WARP

I. PENDAHULUAN

PADA masa komunikasi digital saat ini dimana dibutuhkan suatu sistem komunikasi yang dapat memberikan transfer data yang handal dan tahan terhadap gangguan atau *noise* yang terdapat pada kanal transmisi. Dimana gangguan *noise* tersebut dapat menyebabkan distorsi sinyal dan mempengaruhi nilai *signal to noise ratio* (SNR). Untuk memberikan transfer data yang handal dan tahan terhadap *noise* maka dibutuhkan suatu sistem pengkodean kanal yang mampu mendeteksi kesalahan dan mengoreksi kesalahan (*error*). Kode konvolusi merupakan suatu teknik pengkodean kanal yang dapat mendeteksi kesalahan dan mengoreksi kesalahan. Dengan menggunakan teknik kode konvolusi sesuai dengan *code rate* yang ditentukan maka akan mempengaruhi nilai *bit error rate* (BER), BER akan bernilai lebih kecil bila dibandingkan tanpa kode konvolusi.

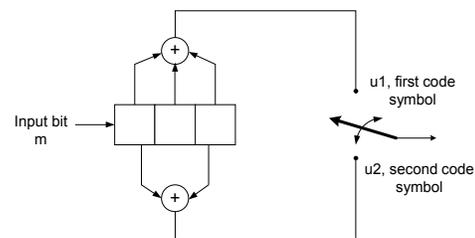
Modulasi *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK) merupakan suatu modulasi yang memiliki efisiensi *bandwidth* dua kali lebih besar dibandingkan dengan BPSK, karena dua bit dikirimkan pada satu *symbol* sinyal termodulasi. Untuk mengetahui pengaruh kode konvolusi terhadap efisiensi *bandwidth* tersebut maka akan digunakan

modulasi QPSK. Dengan implementasi menggunakan modul *Wireless Open-Access Research Platform* (WARP) yang merupakan salah satu jenis *Software Defined Radio* (SDR) untuk system komunikasi nirkabel yang dapat di implementasikan menggunakan perangkat lunak atau *software* matlab. Penggunaan SDR dapat mengurangi pergantian *hardware* secara terus-menerus sehingga lebih menghemat biaya, dapat meminimalisasi kesalahan dan bersifat *programmable*. WARP digunakan sebagai pemancar dan penerima untuk mengukur kinerja dari kode konvolusi. Dimana akan diamati dan dievaluasi tentang pengaruh kode konvolusi menggunakan WARP.

II. TEORI PENUNJANG

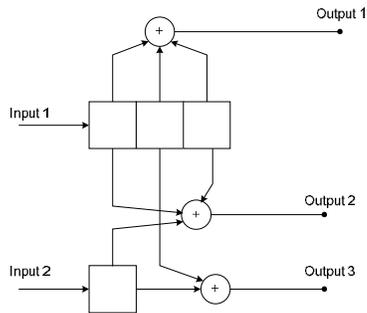
A. Kode Konvolusi [1][2][3]

Kode konvolusi adalah salah satu teknik umum dalam pengkodean kanal. Pengkodean kanal disebut juga *error correction code* yang memberikan komunikasi yang handal, memperkenalkan kesalahan bit atau juga mendistorsi sinyal yang dikirim. Sebagai kode biner, kode konvolusi melindungi informasi dengan menambahkan bit. Sebuah rate k/n kode konvolusi memproses urutan input dari k-bit informasi *symbol* melalui satu atau lebih register geser (menggunakan umpan balik). Kode konvolusi menghitung setiap n-bit *symbol* ($n > k$) urutan output dari operasi linier pada simbol input [4]. Encoder kode konvolusi dengan code rate 1/2 dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.



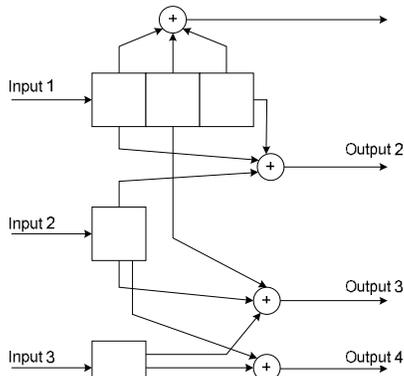
Gambar 1. Encoder Kode Konvolusi dengan Panjang $K = 3$ dan Rate $1/2$

Encoder kode konvolusi dengan $K = 3$ dan *code rate* = 2/3 dapat dilihat pada gambar 2.



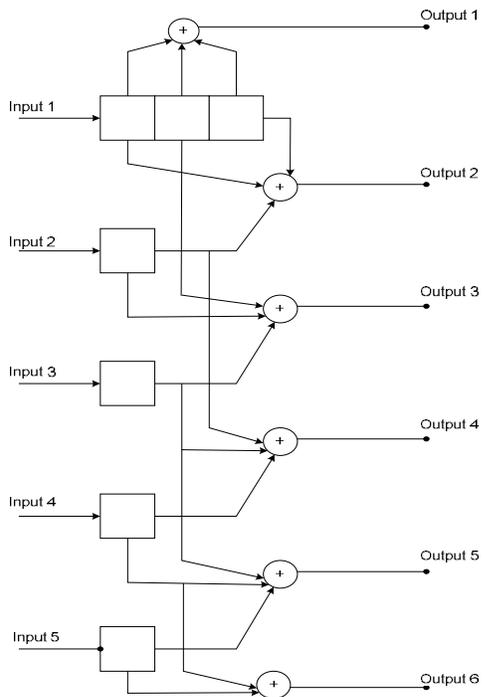
Gambar 2. Encoder kode konvolusi dengan K = 3 dan rate 2/3

Encoder kode konvolusi dengan K = 3 dan code rate = 3/4 dapat dilihat pada gambar 3.



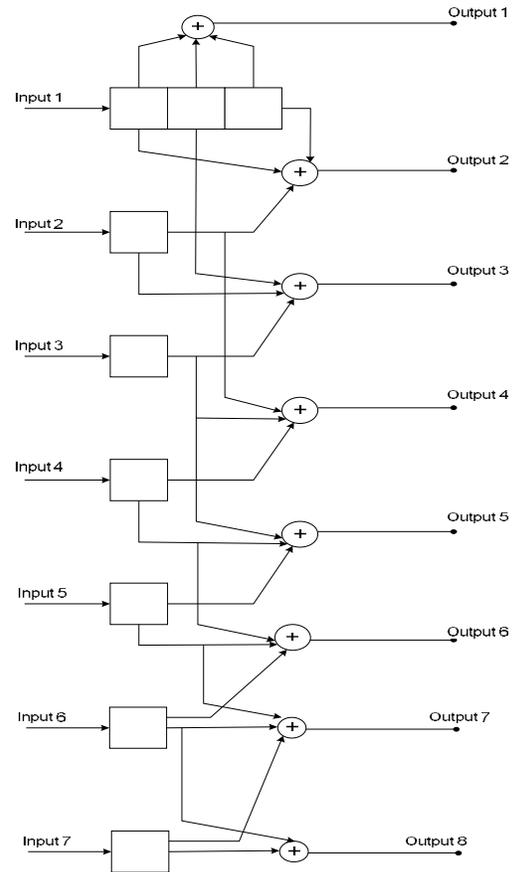
Gambar 3. Encoder kode konvolusi dengan K = 3 dan rate 3/4

Encoder kode konvolusi dengan K = 3 dan code rate = 5/6 dapat dilihat pada gambar 4



Gambar 4. Encoder kode konvolusi dengan K = 3 dan rate 5/6

Encoder kode konvolusi dengan K = 3 dan code rate = 7/8 dapat dilihat pada gambar 5



Gambar 5. Encoder kode konvolusi dengan K = 3 dan code rate = 7/8

Parameter-parameter utama dalam kode konvolusi:

1. Laju kode konvolusi(R)

Laju kode konvolusi (R) merupakan rasio antara masukan informasi bit dengan keluaran bit terkodekan dan mempunyai persamaan sebagai berikut :

$$R = \frac{k}{n}$$

Dengan, R = laju kode konvolusi

k = jumlah bit input

n = jumlah bit output

2. Panjang Memori (K)

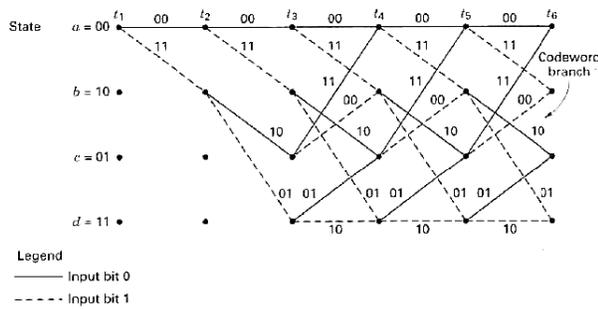
Panjang memori K adalah jumlah elemen tundaan dalam kode konvolusi yaitu memori dengan masukan bit sekarang pada kode konvolusi atau dapat disebut juga panjang kode dari kode konvolusi.

Panjang memori dapat didefinisikan sebagai berikut : $K=M+1$

Dengan, K = panjang memori dan M = memori.

B. Algoritma Viterbi

Algoritma Viterbi adalah metode yang digunakan untuk decoding pada kode konvolusi. Algoritma Viterbi menggunakan diagram trellis dari kode konvolusi, seperti pada gambar 6. Pada penerima, decoder Viterbi dapat (berusaha) mengembalikan sinyal yang salah pada saat transmisi ke sinyal yang benar dengan menyimpan beberapa data sebelumnya, mengkalkulasi 'jarak konstelasi' antar data yang berurutan, dan memperkirakan data yang paling mungkin diterima sehingga bit yang salah dapat dideteksi dan diperbaiki. Dengan menggunakan Hamming distance dapat mengakumulasi kesalahan metric pada setiap state [5].



Gambar 6 Diagram trellis rate = 1/2 dan K = 3

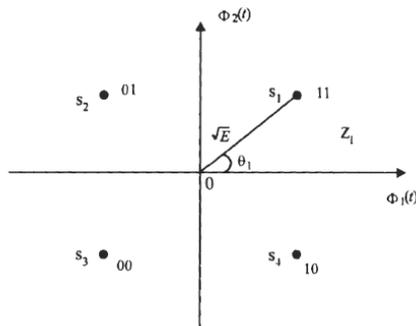
C. Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)[4]

Modulasi Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) merupakan M-ary encoding dimana M = 4 (Quaternary). Pada modulasi QPSK terdapat empat level sinyal yang merepresentasikan empat kode biner. Masing-masing level dengan perbedaan fasa 90°.

Tabel kemungkinan keadaan pada QPSK dapat dilihat pada tabel 1 berikut :

Fase	Data Biner
45°	00
135°	01
225°	11
315°	10

Modulasi QPSK memiliki efisiensi bandwidth dua kali lebih besar dibandingkan dengan BPSK, karena dua bit dikirimkan pada satu symbol sinyal termodulasi. Diagram konstelasi dari QPSK dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 Diagram konstelasi QPSK

D. Coding Gain[1]

Coding gain adalah ukuran perbedaan signal-to-noise ratio (SNR) antara sistem uncoded dan sistem kode yang digunakan untuk mencapai tingkat kesalahan bit yang sama (BER) bila digunakan dengan mengoreksi kesalahan kode (ECC).

Misalnya jika sistem BPSK uncoded di channel AWGN memiliki tingkat kesalahan bit (BER) 10-2 saat SNR 4 dB, dan sesuai kode (misalnya, BCH) sistem memiliki BER yang sama pada SNR dari 2,5 dB, maka coding gain = 4 dB - 2,5 dB = 1,5 dB.

E. Wireless Open-Access Research Platform (WARP)

WARP merupakan salah satu perangkat radio yang bisa diprogram untuk membuat prototype jaringan wireless. WARP menggabungkan perangkat dengan kemampuan tinggi yang bisa diprogram dengan repository open-source [6].

WARP memiliki empat radio board yang bisa diatur secara terpisah yang dapat dilihat pada gambar 8. Masing-masing berkerja sebagai transceiver dan memiliki register tersendiri.

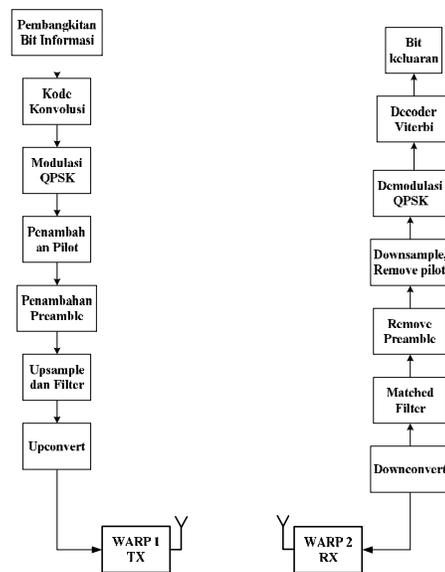


Gambar 8 Radio board WARP

III. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

A. Pemodelan Sistem Komunikasi

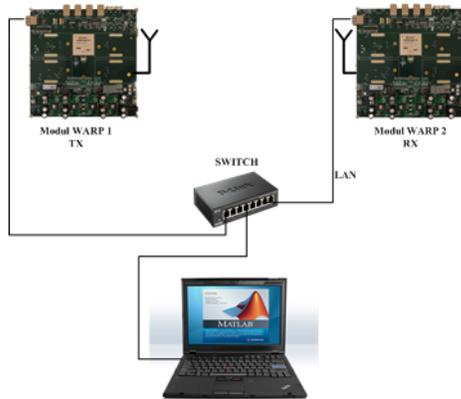
Secara umum blok diagram system komunikasi dengan kode konvolusi pada gambar 9 ini tidak jauh berbeda dengan system komunikasi SISO lainnya. Dimana pada pemancar setelah bit dibangkitkan di encoder terlebih dahulu dengan menggunakan kode konvolusi sesuai code rate yang ditentukan selanjutnya di modulasi menggunakan modulasi QPSK dan kemudian pada penerima setelah demodulasi dilakukan decoder dengan menggunakan algoritma viterbi sehingga diperoleh bit keluaran. Selanjutnya dilakukan perhitungan BER dengan membandingkan bit masukan sebelum encoder dan bit keluaran setelah decoder.



Gambar 9. Blok diagram sistem komunikasi SISO dan kode konvolusi dengan teknik modulasi QPSK

B. Implementasi Pada WARP

Untuk mengimplementasikan *system* komunikasi pada WARP terlebih dahulu harus dilakukan integrasi antara PC dengan modul WARP. Antar node WARP di sambungkan dengan Laptop/PC menggunakan kabel LAN switch. Seperti pada gambar 10 dibawah ini.



Gambar 10. Konfigurasi sistem komunikasi siso dengan warp

C. Perhitungan BER

Perhitungan BER dilakukan dengan membandingkan bit masukan dan bit keluaran, bit masukan yang berupa data sebelum di encoder menggunakan kode konvolusi dan bit keluaran berupa data setelah di dekoder menggunakan algoritma Viterbi.

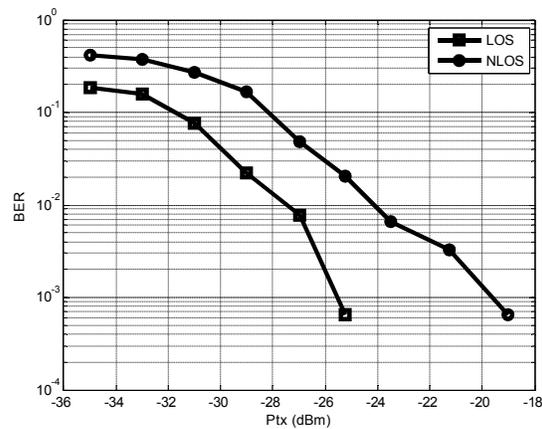
IV. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

Analisis hasil dilakukan setelah pengukuran di dalam ruangan (*indoor*) dengan teknik Modulasi QPSK menggunakan Kode Konvolusi dengan mengubah jarak antara *node* pengirim Tx dan penerima Rx untuk mendapatkan nilai *Bit Error Rate* (BER). Pengukuran juga dilakukan dengan mengubah nilai daya pancar untuk mendapatkan nilai BER.

A. Kinerja system pada kondisi LOS dan NLOS

Tabel 2
Hasil pengukuran BER pada kondisi LOS dan NLOS jarak 6 meter *code rate* 1/2

Tx Gain Rf	LOS	NLOS
0	0.18587	0.4214
4	0.15788	0.3692
8	0.076321	0.2688
12	0.022179	0.1657
16	0.0078278	0.0483
20	0.00065232	0.0202
24	0	0.0065
28	0	0.0033
32	0	6.52E-04
36	0	0



Gambar 11. Kurva BER pada kondisi LOS dan NLOS jarak 6 meter *code rate* 1/2

Dari tabel 2 diatas dapat diketahui pada saat kondisi LOS nilai BER telah mencapai nol pada saat Tx_Gain_Rf = 24 sedangkan untuk kondisi NLOS nilai BER mencapai nol pada Tx_Gain_Rf = 36. Hal ini menunjukkan kondisi LOS lebih baik daripada kondisi NLOS yang mana kawat penghalang tersebut memberikan pengaruh cukup besar terhadap proses pentransmisian data dan dapat mempengaruhi daya terima pada penerima.

Kurva BER untuk kondisi LOS dan NLOS pada jarak 6 meter dapat dilihat pada gambar 11. Pada gambar tersebut dapat diketahui saat kondisi LOS nilai BER = 0 yaitu pada saat daya pancar sebesar -25.2 dBm dan untuk kondisi NLOS nilai BER = 0 pada saat daya pancar sebesar -19 dBm. Jadi dapat diketahui kondisi NLOS membutuhkan daya pancar yang lebih besar daripada kondisi LOS.

B. Kinerja Sistem dengan Kode Konvolusi dan Tanpa Kode Konvolusi

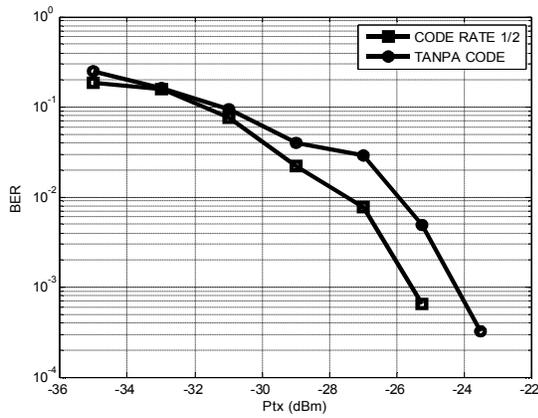
Tabel 3
Hasil pengukuran BER untuk kode konvolusi dengan *code rate* 1/2 dan tanpa *kode konvolusi* pada jarak 6 meter

Tx Gain Rf	Rate 1/2	Tanpa Code
0	0.18587	0.24984
4	0.15788	0.16112
8	0.076321	0.09375
12	0.022179	0.040039
16	0.0078278	0.029297
20	0.00065232	0.0048828
24	0	0.00032552
28	0	0
32	0	0
36	0	0

Dari hasil pengukuran tabel 3 dan gambar kurva BER gambar 12 untuk kondisi dengan Kode konvolusi dan tanpa kode konvolusi dapat diketahui bahwa dengan menggunakan kode konvolusi dapat memperbaiki BER. Pada jarak 6 meter saat Tx_Gain_Rf = 24, daya pancar = -23.5 dBm, untuk kondisi tanpa menggunakan kode konvolusi BER = 0.00032552 sedangkan dengan menggunakan kode konvolusi dengan *code rate* 1/2 BER bernilai 0.

Dari Kurva BER pada gambar 12 dapat diketahui gain *code* untuk *code rate* 1/2 dengan jarak 6 meter pada saat nilai BER 10⁻³ yaitu:

$$\text{Gain code} = -24.4 \text{ dBm} - (-25.6) \text{ dBm} = 1.2 \text{ dB}$$

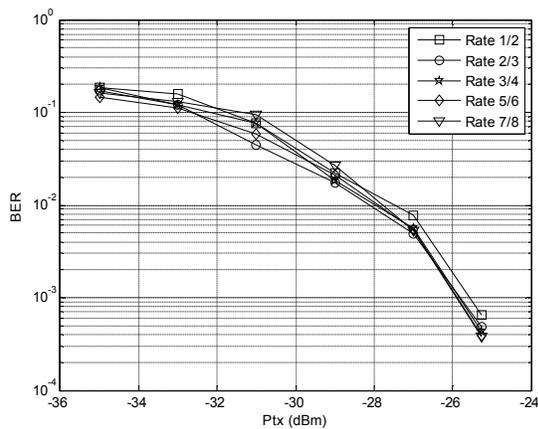


Gambar 12. Kurva perbandingan BER untuk kode konvolusi dengan code rate 1/2 dan tanpa kode konvolusi pada jarak 6 meter

C. Perbandingan Kinerja Sistem Kode Konvolusi dengan Code Rate 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 dan 7/8

Tabel 4 Hasil Pengukuran BER Kode Konvolusi Pada Jarak 6 meter

Tx Gain RF	Rate 1/2	Rate 2/3	Rate 3/4	Rate 5/6	Rate 7/8
0	0.18587	0.17189	0.18475	0.14499	0.16085
4	0.15788	0.11998	0.12026	0.11159	0.13011
8	0.076321	0.044074	0.075381	0.058546	0.094863
12	0.022179	0.01714	0.018301	0.021218	0.026622
16	0.007827	0.004897	0.005664	0.005501	0.005249
20	0.000652	0.000489	0.000435	0.000392	0.000374
24	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0



Gambar 13. Kurva BER kode konvolusi pada jarak 6 meter

Setelah dilakukan implementasi pada WARP dengan kode konvolusi menggunakan rate 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 dan 7/8 pada jarak 6 meter dalam ruangan (indoor) seperti data pada tabel 4 diatas dan gambar 13, diketahui bahwa kode konvolusi dengan rate 7/8 memiliki nilai BER yang lebih kecil dibandingkan kode konvolusi dengan code rate yang lainnya. Pada saat Tx_Gain_Rf = 20 dengan daya pancar = -25.2 dBm, untuk rate 7/8 BER = 0.00037495 dengan bit input = 2688 bit, rate 5/6 BER = 0.00039293 bit input 2560 bit, rate 3/4 BER = 0.00043573 bit input = 2304, rate 2/3 BER = 0.00048972 bit input = 2048, rate 1/2 BER = 0.00065232 bit input = 1536.

Perbedaan BER pada masing-masing kode rate disebabkan oleh perbedaan inputan bit yang diberikan dan constrain length K yang digunakan sama yaitu K = 3.

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

1. Kode Konvolusi bekerja sebagai *error control coding* untuk memperbaiki BER pada proses pentransmisian data.
2. Modulasi QPSK dengan kode konvolusi memiliki BER lebih kecil dibandingkan Modulasi QPSK tanpa kode konvolusi. Pada kode konvolusi dengan code rate 1/2 jarak 6 meter Tx_gain_RF = 24 nilai BER = 0 sedangkan nilai BER untuk yang tanpa kode konvolusi = 0.00032552.
3. Besar kecilnya BER pada setiap *coderate* dengan modulasi QPSK dipengaruhi oleh berapa besar inputan bit yang diberikan dan constrain length K yang digunakan. Kode konvolusi dengan code rate 7/8 pada jarak 6 meter memiliki nilai BER lebih baik yaitu 0.00037495 dengan input 2688 bit dibandingkan dengan code rate 1.2, 2/3, 3/4 dan 5/6.
4. Besarnya daya pancar sangat mempengaruhi nilai BER, semakin besar daya pancar maka BER akan semakin kecil.
5. Jarak antar Node juga sangat mempengaruhi BER, semakin jauh jarak antar Node pengirim Tx dan Node penerima Rx maka BER akan semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sklar, Bernard. "Digital Communications Fundamentals and Applications". Prentice-Hall. 2001
- [2] Rhee, Man Young. "Error Correcting Coding Theory", McGraw-Hill, 1989.
- [3] Lin, Shu. Daniel J. Costello, JR., "Error Control Coding Fundamentals and Applications". Prentice-Hall.1983
- [4] Xiong, F. "Digital Modulation Techniques". Boston.London: Artech House. 2000.
- [5] Wesel, Richard D., "Convolutional Codes" University of California. Encyclopedia of Telecommunications. 6WARP Project – Wireless Open Access Research Platform. <http://warp.rice.edu/trac/wiki/about>.