

PERBANDINGAN KINERJA LDPC PADA KANAL AWGN DENGAN MODULASI QPSK DAN BPSK

Shahih Ilmiawan

Mahasiswa Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jurusan Teknik Telekomunikasi
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Kampus ITS, Surabaya 60111

e-mail : sahe61@yahoo.co.id / gre_sha@yahoo.co.id

ABSTRAK

Low Density Parity Check (LDPC) Codes merupakan salah satu kelas dari teknik pengkodean *linier block*. Nama LDPC berasal dari karakteristik dari matrik *parity check*-nya yang hanya berisi sedikit bit '1' jika dibandingkan dengan jumlah bit '0'. Keunggulan utama dari teknik pengkodean ini adalah LDPC dapat menghasilkan performansi yang sangat mendekati nilai kapasitas dari berbagai macam kanal (Shannon Limit) dan mempunyai proses *decoding* yang linier. LDPC pertama kali diperkenalkan oleh Gallager dalam tesis PHD-nya pada tahun 1960.

Pengkodean kanal (*channel coding*) pada suatu sistem digital merupakan suatu cara untuk melindungi informasi digital terhadap kesalahan yang mungkin terjadi selama pengiriman sinyal dengan cara menambahkan sejumlah digit redundansi pada sejumlah digit informasi yang akan dikirimkan. LDPC (*Low Density Parity Check*) code didefinisikan sebagai linear block code yang memiliki kepadatan rendah yang dapat menghasilkan BER yang rendah dengan energi bit per noise ratio (SNR) yang rendah. Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk menganalisis kinerja dari penggunaan LDPC code pada kanal AWGN dan nantinya akan diterapkan dalam sistem Modulasi Q-PSK berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan pada software Matlab. Adapun parameter yang akan dianalisa adalah perbandingan BER terhadap SNR.

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan jaman dan teknologi, sistem komunikasi wireless dituntut untuk menyediakan layanan data yang berkecepatan tinggi dengan kualitas pelayanan (QOS) yang reliabel. Akan tetapi terdapat tantangan tersendiri dari layanan yang serba multimedia antar lain yaitu di samping kapasitas *bandwidth* yang terbatas dengan tetap mempertahankan kestabilan BER yang diijinkan oleh sistem tersebut, juga adanya pengaruh noise

dan interferensi terhadap bit-bit yang dikirim sehingga menimbulkan *error*.

Teknik pengkodean kanal dibutuhkan untuk mendapatkan nilai QOS yang diharapkan. Teknik pengkodean kanal yang baik adalah teknik pengkodean kanal yang menghasilkan BER (*Bit Error Rate*) yang rendah. *Low Density Parity Check (LDPC) code* adalah merupakan salah satu bagian dari teknik pengkodean kanal yang diterapkan sebagai *parity check* yang dapat membantu kerja pengkodean kanal agar dapat bekerja maksimal sesuai yang diharapkan.

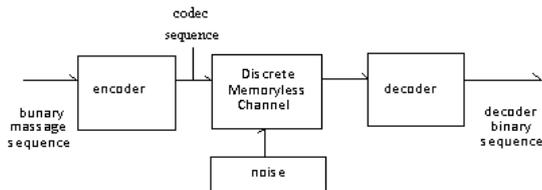
Pengkodean *Low Density Parity Check Code (LDPC-code)* ini pertama kali diperkenalkan oleh Gallager, Ph.D pada tahun 1960. LDPC merupakan salah satu kelas dari pengkodean linier block yang menggunakan konsep sparse *parity check* matrik P, dimana jumlah bit '1' dalam matrik P berjumlah lebih sedikit jika dibandingkan dengan jumlah bit '0'. Keunggulan utama dari teknik pengkodean ini ialah LDPC dapat menghasilkan performansi yang sangat mendekati nilai kapasitas dari berbagai macam kanal dan mempunyai proses *decoding* yang linier dan diharapkan dengan pengiriman *high-bit-rate* dapat membantu untuk menghasilkan probabilitas kesalahan bit yang rendah.

2. DASAR TEORI

2.1 Channel Coding

Channel Coding (pengkodean kanal) digunakan untuk meningkatkan performansi dari kanal transmisi yang memungkinkan sinyal transmisi untuk terhindar dari gangguan – gangguan yang ada pada kanal transmisi, seperti : *noise, interference dan fading*. Blok diagram dasar untuk channel coding bisa dilihat pada gambar 2.5. *Channel coding* dapat dibagi menjadi 2 area, yaitu *waveform coding* dan *structured sequence*. *waveform coding* ditujukan untuk menangani perbaikan sinyal transmisi, sedangkan *structured sequence* mempunyai bit *redundancy* yang digunakan untuk deteksi *error* dan koreksi *error*. Keduanya sama – sama menghasilkan *coded signal*, tetapi dengan *property* yang berbeda.

Structured sequence dibagi menjadi 3 kategori, yaitu : *Block Code*, *Convolutional* dan *Turbo*. Dalam bab ini yang akan dibahas adalah *Block Code*.



Gambar 1 Block diagram channel coding

2.2 Low Density Parity Check (LDPC)

LDPC diciptakan oleh Robert Gallager pada PhD tesis. Sama halnya dengan semua pengkodean *linear block*, kode LDPC dapat direpresentasikan melalui bentuk matrik dan juga dengan bentuk *graph*.

2.2.1 Representasi matriks

Pada dasarnya ada 2 perbedaan kemampuan untuk merepresentasikan LDPC code, seperti *linear block code* dapat di gambarkan dengan *matrix*. Sedangkan yang kedua adalah *grafik*. Disini akan diberikan contoh untuk LDPC *matrix* yang pertama. Berikut contoh penggambaran representasi matrik beserta *grafik* dari LDPC code dengan dimensi (8,4).

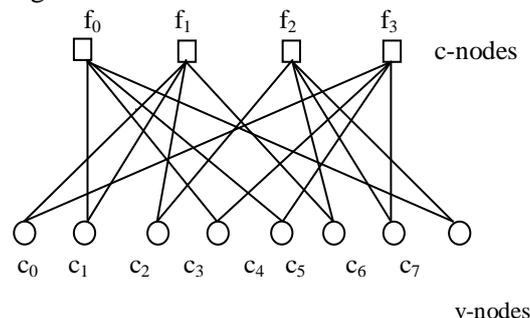
$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Gambar 2 Representasi matriks LDPC

2.2.2 Representasi grafik

Tanner berisi LDPC code menampilkan bagaimana merepresentasikan yang efektif atau yang disebut dengan *bipartite graph*, sekarang dipanggil *Tanner graph*. *Tanner graph* adalah LDPC code dengan analog *trellis* pada *convolutional code* yang menyediakan representasi lengkap pada code dan membantu menggambarkan *decoding* algoritma. *Bipartite graph* adalah *graph* (node yang terhubung dengan edge) dengan node yang memisahkan antara 2 tipe edge yang hanya menghubungkan 2 node dengan beda tipe. Dua tipe node pada *tanner graph* adalah *variable node* (*v-node*) dan *check node* (*c-node*). *Tanner graph* adalah code yang digambarkan seperti mengikuti arah : *c-node* *j* menghubungkan *v-node* dimana element h_{ij} pada *H* adalah 1. Kesimpulannya adalah $m = n - k$ *c-node*, satu pada

tiap persamaan *check* dan *v-node* *n*, satu dari tiap kode bit *c*1, selanjutnya baris *m* pada *H* dengan *c-node* *m* terhubung dan kolom *H* pada *v-node* *n* terhubung.



Gambar 3 Tanner Graph

2.2.3 Regular LDPC

Sebuah kode LDPC disebut sebagai kode yang reguler jika d_v bernilai konstan untuk semua kolom dan $d_c = d_v$. (n/m) juga bernilai konstan untuk semua baris. Metode *Encoding* dengan teknik *Lower Triangular Shape Based* yang diperkenalkan oleh Thomas J. Richardson dan Rudiger L. Urbanke pada tahun 2001 merupakan metode *encoding* yang efisien untuk kode LDPC. Tujuan dari metode *encoding* ini adalah membentuk *matrix parity check* *P* dalam bentuk *Lower Triangular Shape*.

2.2.4 Irregular LDPC

Irregular LDPC adalah sebuah kode LDPC apabila nilai d_y dan d_c bervariasi untuk setiap kolom dan baris pada *parity check matrix*-nya dimana akan menyebabkan variabel dan *check node* pada *Tanner graph*-nya akan mempunyai bobot yang bervariasi.

2.3 Decoding LDPC

Pada dasarnya terdapat banyak metode untuk proses *decoding* LDPC, namun pada proyek akhir ini akan digunakan proses *Hard Decision LDPC decoding* (*iterative decoding*) dan dengan menggunakan algoritma *decoding sum of product*. Berikut masing-masing teori untuk *decoding* lagoritmanya :

- **Hard Decision LDPC (bit flip)**

Decoding iterative menggunakan algoritma *bit flip*, didasarkan pada penandaan *hard decision* (0 atau 1) untuk setiap bit yang diterima. Bagian yang penting dari *decoding iterative* adalah pelewatan pesan (*message passing*) antar node pada *tanner graph*. Pada algoritma *bit flip* pesannya sederhana: sebuah *message node* mengirimkan pesan pada setiap *check node* yang terhubung

mendeklarasikan dirinya 0 atau 1. Dan setiap *check node* mengirimkan pesan ke setiap message node yang terhubung pada Tanner graph, apakah cek paritas terpenuhi atau tidak, algoritma sum product LDPC memiliki prosedur yang sama, hanya saja pesan yang di pertukarkan lebih kompleks. Ilustrasi operasi pendekode bit flip sebagai berikut:

Bila digunakan matriks cek paritas pada *codeword* yang dikirim adalah $c=001011$ dan dari kanal diperoleh word $r=101011$. Pada langkah 1 nilai bit diinisialisasi menjadi 1,0,1,0,1 dan 1. Kemudian pesan yang dikirim ke *check node*. Pada langkah ke dua, setiap persamaan cek paritas di uji. Persamaan cek paritas terpenuhi bila jumlah elemen 1 genap. Pada *check node* pertama dan ketiga pesan tidak terpenuhi dikirimkan ke message yang terhubung. Pada langkah 3 bit pertama mayoritas indikasi tidak terpenuhi sehingga nilainya dirubah dari 1 menjadi 0. Langkah ke 2 diulangi dan sekarang seluruh persamaan cek paritas terpenuhi, algoritma berhenti dan dihasilkan $c=001011$ sebagai *codeword* yang valid.

- **Decoding Sum of product**

Algoritma decoding sum product atau yang disebut decoding belief propagation pertama kali di perkenalkan oleh Gallager tahun 1962 pada thesisnya. Dimana decoding yang di pergunakan adalah Pseudorandom. Pengoptimalan yang tinggi pada decoding irregular LDPC code dengan menggunakan Algoritma Sum Product mampu mendekati teori Shannon limit.

Algoritma sum product di sebut dengan belief propagation decoding. Algoritma sum product mirip dengan algoritma bit flip, hanya pesan yang dipertukarkan antara message node dan *check node* adalah nilai probabilitas yang direpresentasikan dengan Log-likelihood ratio. Pendekode soft decision yang diterima dan menggunakan informasi kanal untuk mendapatkan ekspresi probabilistic dari sinyal yang ditransmisikan.

1. **checks to bit**

Setiap *check node* m mengumpulkan seluruh informasi yang masuk, $L(q_{l \rightarrow m})$'s dan memperbaharui kekuatan bit 1 berdasarkan pada informasi seluruh bit yang dihubungkan pada *check node* m

$$L(r_{m \rightarrow l}) = 2 \tanh^{-1} \prod_{l' \in L(m) \setminus l} \tanh\left(\frac{L(q_{l' \rightarrow m})}{2}\right)$$

2. **Bits to checks**

$$L(q_{l \rightarrow m}) = L(p_l) + \sum_{m' \in EM(l) \setminus m} L(r_{m' \rightarrow l})$$

3. **Checks stop criterion**

Proses *decoder* menghasilkan peluang *a posteriori* untuk menghasilkan menjumlahkan informasi dari seluruh *check nodes* yang menghubungkan bit l

$$L(q_l) = L(p_l) + \sum_{m \in EM(l)} L(r_{m' \rightarrow l})$$

2.4 Kanal Trasmisi

Pemancar mengirimkan sinyal pada penerima melalui media atau yang biasa disebut dengan kanal. Kanal merupakan lintasan/jalan antara pemancar dan penerima. Kanal ideal adalah kanal yang mengirimkan sinyal yang diterima dari penerima pada pemancar dengan sempurna tanpa terjadi distorsi. Namun, pada kenyataannya sinyal yang diterima penerima adalah sinyal langsung ditambah dengan sinyal yang telah terdistorsi baik karena pantulan, hamburan maupun pembelokan. Penambahan *noise* juga menyebabkan terjadinya perubahan karakteristik sinyal yang dikirim (amplitudo maupun pergeseran frekuensi *carrier*). Dalam hal ini jenis kanal yang akan dibahas adalah kanal *Additive White Gaussian Noise* (AWGN).

Kanal AWGN merupakan salah satu contoh dari kanal DMC (*Discrete Memoryless Channel*). AWGN juga merupakan tipe kanal komunikasi digital yang paling mudah dianalisa. Dalam kanal ini diasumsikan tidak ada distorsi atau pengaruh lainnya selain penambahan *noise white Gaussian*.

2.5 Modulasi Digital

Modulasi adalah mengubah salah satu atau beberapa parameter gelombang pembawa seperti amplitudo, fase atau frekuensi sebagai fungsi sinyal informasi. Sedangkan modulasi digital merupakan suatu proses dimana simbol-simbol digital diubah menjadi bentuk gelombang sesuai dengan karakteristik kanal yang akan dilewati.

2.5.1 Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)

Modulasi QPSK merupakan salah satu jenis modulasi fasa (PSK), dimana jenis modulasi ini lebih sering dipakai pada transmisi digital dibandingkan dengan jika dibandingkan dengan jenis modulasi jenis lain karena memiliki kelebihan- kelebihan sebagai berikut:

- Jumlah level yang dikodekan lebih banyak
- Bandwidth lebih kecil
- Performansi interferensinya lebih baik

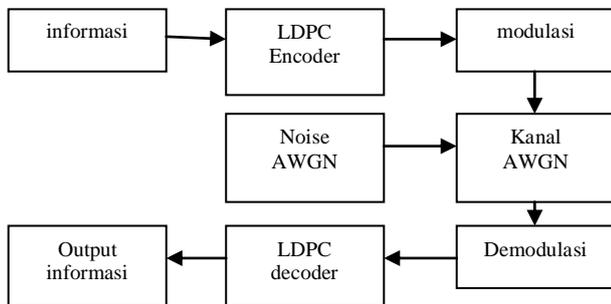
Modulasi QPSK terdapat 4 (empat) level sinyal yang mempresentasikan 4 kode binary yaitu 00', '01', '11', '10'. Masing- masing level sinyal disimbolkan pada perbedaan fasa sebesar 90°.

Sinyal QPSK dapat dinyatakan dalam diagram konstelasi sinyal QPSK berbentuk diagram kartesian dengan sumbu horizontal menyatakan cosinus dan sumbu vertical menyatakan sinus.

3. METODOLOGI

Untuk menyelesaikan proyek akhir ini maka dibutuhkan langkah-langkah sebagai berikut :

- Perancangan dan pembuatan system



Gambar 4 blok diagram system LDPC

Dari diagram blok diatas dapat dilihat bahwa informasi akan di masukkan ke *encoder* LDPC, kemudian output *encoder* yang berupa *codeword* akan dimodulasi dengan menggunakan modulasi QPSK yang kemudian dikirim melalui kanal AWGN, disini kanal AWGN akan dtambahkan dengan *noise*, keluaran kanal AWGN bercampur *noise* akan diterima oleh *decoder* LDPC di sisi terima, dari output *decoder* LDPC akan dihasilkan output bit informasi yang telah dikirimkan. Bahasa pemrograman yang digunakan pada perancangan system ini berupa software matlab, jadi semua blok pada perancangan system ini berupa software *under* matlab.

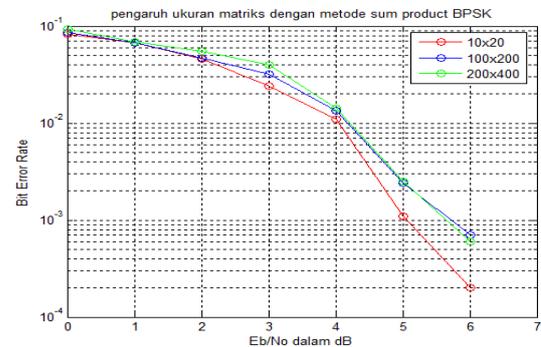
Informasi yang dikirimkan berupa data random yang dihasilkan oleh *command* pada matlab . untuk *encoder* LDPC data informasi yang berupa data biner dikodekan kembali menjadi bit-bit *codeword*, *codeword* inilah yang kemudian akan dikirim atau diproses melalu kanal AWGN dengan ditambah *noise*, *codeword* ditambah *noise* awgn tersebut akan diterima oleh *decoder* LDPC, disini data *codeword* bercampur *noise* tadi dikodekan kembali dan menghasilkan output, output ini akan berupa bit-bit. Dari sini dapat diamati hasil dari pengkodean LDPC pada kanal AWGN dengan modulasi QPSK.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

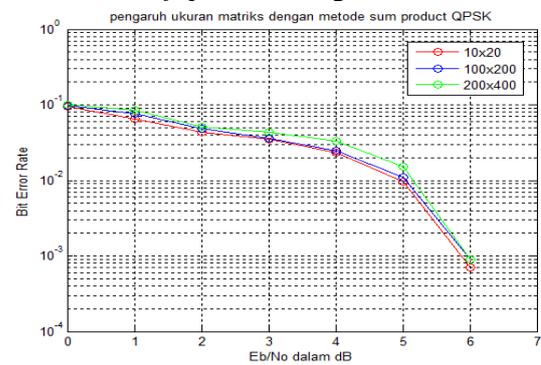
setelah perancangan system selesai maka akan dilakukan pengujian, analisa dan pembahasan, dari pengujian didapatkan :

4.1. Analisa Pengkodean Ldpc Dengan Metode *Sum of product*

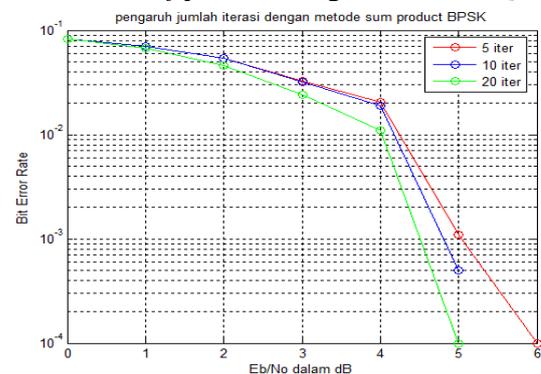
Algoritma *sum of product* merupakan salah satu metode untuk menyelesaikan persamaan LDPC. Pada langkah ini simulasi yang dilakukan adalah dengan membandingkan nilai *bit error rasio* terhadap nilai E_b/N_0 dalam dB dengan perbedaan ukuran matriks dan jumlah iterasi.



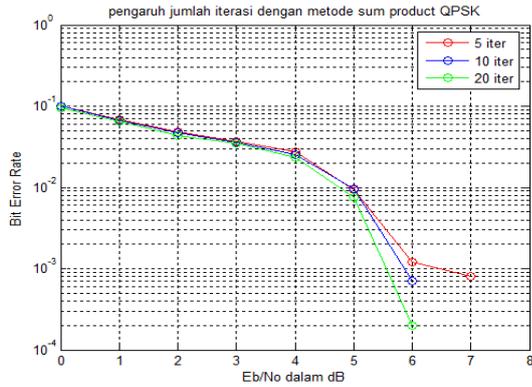
Gambar 5 perbandingan ukuran matriks dengan metode *sum of product* dengan modulasi BPSK



Gambar 6 perbandingan ukuran matriks dengan metode *sum of product* dengan modulasi QPSK



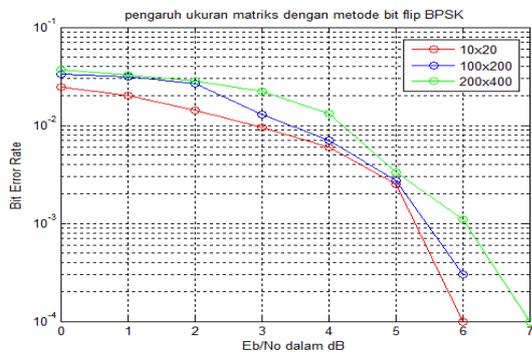
Gambar 7 perbandingan jumlah iterasi dengan metode *sum of product* dengan modulasi BPSK



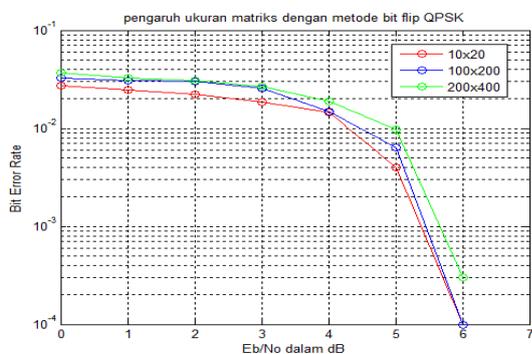
Gambar 8 perbandingan jumlah iterasi dengan metode *sum of product* dengan modulasi QPSK

4.2. Analisa Pengkodean Ldpc Dengan Metode *Bit Flip*

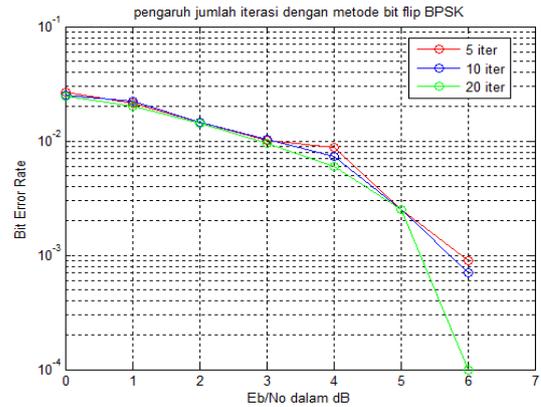
Algoritma menggunakan bitflip merupakan salah satu metode untuk menyelesaikan persamaan LDPC. Pada langkah ini simulasi yang dilakukan adalah dengan membandingkan nilai *bit error ratio* terhadap nilai E_b/N_0 dalam dB. Dengan acuan perbedaan matriks dan jumlah iterasi.



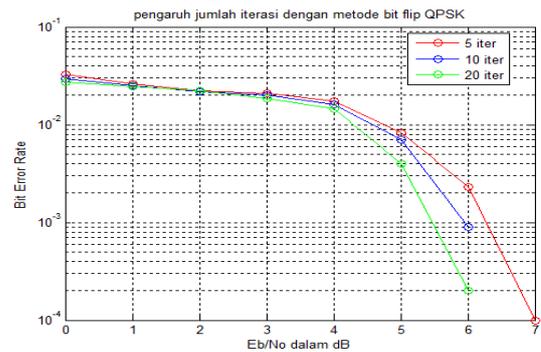
Gambar 9 perbandingan ukuran matriks dengan metode *bit flip* dengan modulasi BPSK



Gambar 10 perbandingan ukuran matriks dengan metode *bit flip* dengan modulasi QPSK

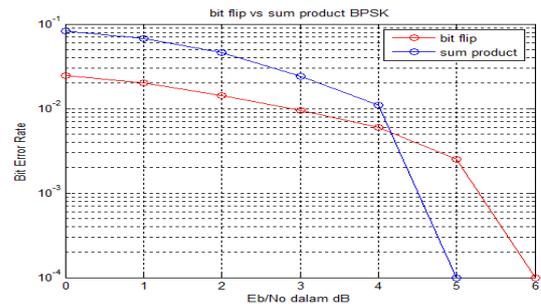


Gambar 11 perbandingan jumlah iterasi dengan metode *bit flip* dengan modulasi BPSK

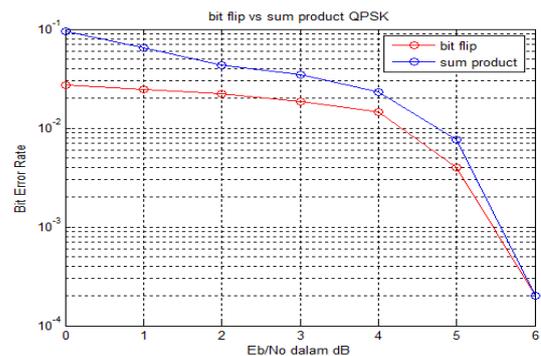


Gambar 12 perbandingan jumlah iterasi dengan metode *bit flip* dengan modulasi QPSK

4.3 Analisa Perbandingan Metode Pengkodean LDPC



Gambar 13 hasil perbandingan metode *sum of product* vs *bit flip* dengan modulasi BPSK



Gambar 14 hasil perbandingan metode *sum of product* vs *bit flip* dengan modulasi QPSK

Gambar grafik diatas merupakan grafik hasil perbandingan antara hasil eror koreksi yang dilakukan dengan metode *sum of product* dan bit flip dengan modulasi BPSK dan QPSK.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan simulasi pada bab 4, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

Berdasarkan hasil analisa dan simulasi pada bab 4, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Perbedaan ukuran matriks LDPC dapat mempengaruhi jumlah *error* bit karena matriks LDPC merupakan matriks pembentuk bit *parity* sebagai bit kode pembawa informasi, jadi semakin kecil ukuran matriks maka bit *parity* semakin sedikit sehingga informasi semakin mudah dikodekan dan dikoreksi. Sebaliknya, semakin besar ukuran matriks maka akan semakin besar pula panjang bit *parity*-nya sehingga pesan akan semakin sulit dikodekan dan pesan yang dikirim akan berukuran semakin besar, sehingga mempengaruhi proses *decoding*-nya.
2. Perbedaan jumlah iterasi memiliki pengaruh terhadap *delay decoding* dan jumlah bit *error*. dimana semakin besar jumlah iterasi maka akan semakin lama pula waktu yang dibutuhkan untuk proses *decoding* namun eror yang dihasilkan semakin kecil, begitu pula sebaliknya. Ini dikarenakan iterasi merupakan banyaknya jumlah perulangan pengecekan bit yang terjadi pada proses *decoding* untuk mendapatkan bit yang mendekati bit informasi.
3. Pada metode *bit flip*, nilai yang dibutuhkan untuk mendekati performa kanal AWGN sebesar 10^{-3} dB adalah pada saat nilai E_b/N_0 diatas 5 dB. Karena untuk *bit flip* pada saat $E_b/N_0 = 4 - 5$ dB masih mencapai 10^{-2} . sedangkan pada Pada metode *sum of product* pada saat $E_b/N_0 = 5$ dB performanya baru mencapai 10^{-2} dB.
4. Metode *bit flip* memiliki *error* koreksi lebih bagus disaat E_b/N_0 memiliki nilai yang sama dibanding dengan metode *sum of product*, baik dalam modulasi BPSK dan QPSK.
5. Pada modulasi BPSK dan QPSK untuk pengkodean LDPC memiliki sifat yang sama, dimana semakin kecil ukuran matriks LDPC akan semakin baik nilai BER yang dihasilkan, dan semakin besar jumlah iterasi *decoding* semakin baik nilai BER yang dihasilkan.
6. Modulasi QPSK memiliki jumlah *bit error* yang lebih besar dibanding dengan modulasi

BPSK, dikarenakan informasi yang diproses pada modulasi QPSK dibagi menjadi dua bagian yang kemudian dikodekan, sehingga mempengaruhi proses pengkodean dan pengkoreksian *error*.

6. SARAN

Dalam pemodelan simulasi LDPC saat melewati kanal AWGN dengan modulasi BPSK maupun QPSK, untuk pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan beberapa hal diantaranya :

1. Menambah jumlah bit yang dikirimkan lebih banyak lagi supaya data yang dihasilkan lebih akurat.
2. Selain pesan bit yang dikirimkan dapat juga ditambah dengan suara atau gambar dan melihat hasilnya dibagian dekoder apakah mendapatkan hasil yang bagus atau terdapat banyak *error* yang signifikan.
3. Menggunakan jenis metode *decoding* lain agar dapat menentukan metode mana yang baik untuk system pengkodean LDPC
4. Menganalisa pengaruh bit '1' dan *coderate* pada system LDPC.

7. REFERENSI.

- [1] R.G. Gallager, "Low Density Parity-Check Codes", MIT Press, Cambridge, MA, 1963
- [2] R. Michael Tanner, Fellow, IEEE, Deepak Sridhara, Arvind Sridharan, Thomas E.Fuja, Fellow, IEEE, and Daniel J.Costello, Jr. Fellow, IEEE, "LDPC Block and Convolutional Codes Based on Circulant Matrices", IEE Trans. Inform. Theory, vol. 50, no. 12, Desember 2004
- [3] Thomas J. Richardson, M.Amin Shokrollahi, IEEE, and Rudiger L. Urbanke, "Design of Capacity-Approaching Irregular Low-Density Parity-Check Codes", IEEE Trans. Inform. Theory, Vol. 47, No. 2, Februari 2001
- [4] Bernhard M.J. Leiner, "LDPC Codes-a brief Tutorial", April 8 2005
- [5] Bagawan S. Nugroho, 2007 In <http://bsnugroho.googlepage>