

Kinerja Modulasi BPSK Modem *Software Defined Radio* pada DSK TMS320C6713

Sapriesty Nainy Sari

Abstract— *Software Defined Radio (SDR) is a signal processing technology that optimizes the use of PC as a device supporting. With the application of SDR in wireless communication system so it will provide possibility and flexibility on manipulating DSP without the need of hardware changes. SDR modems are designed to take advantage of Digital Signal Processor Starter Kit (DSK) TMS320C6713 for baseband signal processing. In the implementation phase, the DSK is programmed directly using Matlab Simulink integration to build a system of modulation and demodulation Binary Phase Shift Keying (BPSK). Sampling frequency 8000 kHz is used with a variety of bit rate of 1 kbps and 2 kbps.*

Index Terms— *SDR, DSK TMS320C6713, BPSK, wireless communication .*

Abstrak—*Software Defined Radio (SDR) adalah suatu teknologi pemrosesan sinyal yang mengoptimalkan pemakaian PC sebagai perangkat pendukungnya. Pengaplikasian SDR pada sistem komunikasi dapat memungkinkan adanya kemudahan dan fleksibilitas di dalam rekayasa DSP tanpa perlu melakukan perubahan pada hardwarenya. Modem SDR yang dirancang akan memanfaatkan Digital Signal Processor Starter Kit (DSK) TMS320C6713 untuk pengolahan sinyal baseband. Dalam tahap implementasi, DSK diprogram langsung dengan menggunakan integrasi Simulink Matlab untuk membangun sistem modulasi dan demodulasi Binary Phase Shift Keying (BPSK). Frekuensi sampling yang digunakan 8000 kHz dengan variasi laju bit 1 kbps dan 2 kbps.*

Kata Kunci—*SDR, DSK TMS320C6713, BPSK, sistem komunikasi.*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi komunikasi nirkabel yang semakin maju akan mendorong peningkatan standar pada area nirkabel. Hal ini akan mengurangi siklus produk komunikasi nirkabel dan memerlukan *prototype* untuk standar yang berbeda dalam waktu yang sangat cepat. Selain itu permintaan untuk desain yang fleksibel dan ketersediaan *Digital Signal Processing (DSP)* serta *reconfigurable logic (FPGA, PLD)* juga meningkat. Sehingga diperlukan desain yang ideal yaitu sebuah platform yang fleksibel dengan *user interface* tunggal untuk *prototype* standar nirkabel yang berbeda-beda. Hal inilah yang mendasari munculnya konsep radio

yang didefinisikan sebagai *software (Software Defined Radio, SDR)*.

Teknologi SDR merupakan suatu sistem komunikasi radio yang dapat mentransmisikan dan menerima sinyal dengan modulasi yang berbeda-beda pada spektrum frekuensi yang lebar menggunakan *software programmable hardware* [1]. Arsitektur SDR yang fleksibel mengakibatkan radio dapat dikonfigurasi secara *real time* dan mudah beradaptasi dengan berbagai bentuk gelombang, pita frekuensi, *bandwidth* dan mode operasi [2]. Sehingga dalam aplikasinya, SDR dapat didesain menjadi sebuah modem digital dengan mode modulator yang dapat diubah-ubah tanpa harus melakukan perubahan pada sisi *hardware*.

Penelitian sebelumnya telah mengembangkan modem radio MFJ-TNC2 sebagai media pengiriman data dengan frekuensi kerja yang dipilih pada kanal VHF amatir 140-150 MHz [3]. Pada dasarnya pengembangan sistem modem radio ini sudah dapat berjalan dengan baik. Akan tetapi dalam implementasinya masih sangat kompleks sehingga dibutuhkan suatu *software modulator* untuk penggunaan peralatan komunikasi data yang lebih efisien. Pada penelitian yang diusulkan ini, akan digunakan sistem SDR untuk mendesain modem dengan menyatukan antara program dan komponen yang ada.

II. SOFTWARE DEFINED RADIO

Software Defined Radio (SDR) atau dapat disebut pula dengan *software-radio* merupakan suatu teknologi untuk membangun sistem radio yang fleksibel, *multiservice, multistandard, multiband, reconfigurable* dan *reprogrammable* dengan menggunakan *software* [4]. Penggunaan SDR bertujuan untuk mengurangi pergantian *hardware* secara terus-menerus sehingga lebih menghemat biaya. Radio digunakan pada peralatan *wireless communication* dimana *software* mengimplementasikan fungsi *physical layer* dan *link layer*. Hal ini sesuai untuk peralatan *single wireless* yang kemudian diprogram ulang menggunakan modulasi yang berbeda, *coding* dan protokol akses. Fungsi utama dari *software* adalah dapat diprogram untuk standar yang ada secara fleksibel. Selain itu juga dapat diupdate secara dinamis dengan *software* baru tanpa banyak mengubah *hardware* dan infrastruktur yang sudah ada [5].

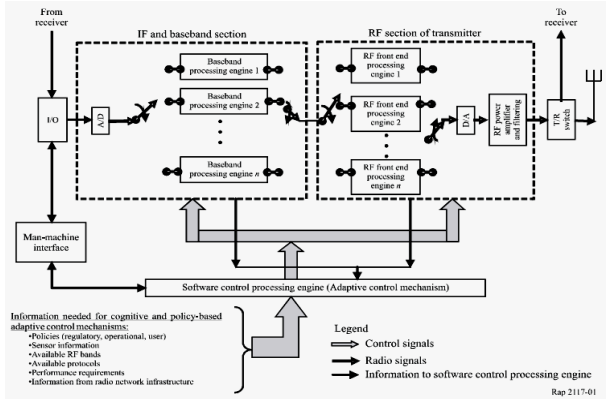
Pada perancangan SDR perlu diperhatikan dua hal yang menjadi acuan pokok yaitu [4]:

1. Implementasi pada fungsi-fungsi *baseband*, seperti *coding*, modulasi, ekualisasi dan *pulse shaping*.

Sapriesty Nainy Sari is with the Electrical Engineering Department of Brawijaya University, Malang, Indonesia (corresponding author provide phone 0341-554166; email nainy_sari@ub.ac.id)

2. Sistem yang dapat diprogram ulang untuk menggaransi operasi – operasi pada *multistandard*.

Perangkat SDR meliputi *processor base-band* untuk komputasi, *Field-Programmable-Gate-Array (FPGA)* untuk *parallel processing* dan *Radio Frequency (RF)* untuk komunikasi *wireless* [1]. Selain itu SDR juga dapat membangun suatu modem yang kompleks dengan program, *hardware* yang sudah ada dan juga komponen-komponen radio. Adapun arsitektur penyusunan yang dimiliki teknologi SDR dapat dilihat pada Gambar 1.



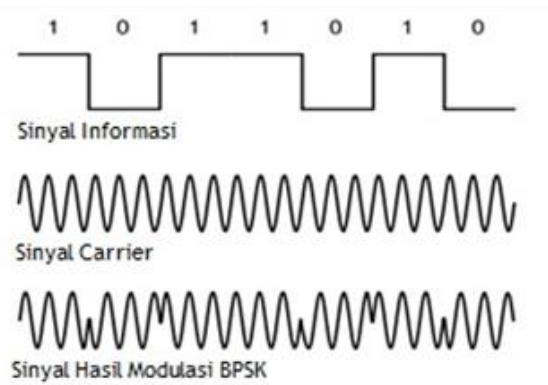
Gambar 1. Arsitektur SDR [6].

Pada dasarnya arsitektur SDR terdiri atas perangkat keras untuk proses baseband, pengolahan sinyal, elemen yang mendukung konversi RF dan teknologi yang dipakai. Komponen yang digunakan untuk *baseband processing engine* bisa menggunakan *General Purpose Processors (GPP)*, *Digital Signal Processor (DSP)*, dan *Field Programmable Gate Array (FPGA)*. Komponen tersebut didukung oleh *Application Programming Interface (API)* dari sistem perangkat lunak radio. Sistem yang dibangun berdasarkan standar arsitektur SDR dari ITU-R M.2117 memiliki keuntungan yaitu lebih ekonomis dari sisi perangkat keras dan perangkat lunaknya [6].

SDR merupakan kandidat ideal untuk digunakan pada mode *multicarrier*, *single carrier*, *single band*, *multiband* dan *transceiver multimode*. Akan tetapi kunci utama disini adalah SDR memiliki kemampuan untuk menangani kanal yang sederhana. Teknologi *transceiver* tunggal dengan kemampuan untuk merubah mode secara mudah karena semuanya bisa ditentukan secara fleksibel melalui rekayasa perangkat lunak. Termasuk didalamnya pemodelan modulasi yang disesuaikan dengan perancangan jaringan seperti modulasi *Binary Phase Shift Keying (BPSK)*.

Modulasi *Phase Shift Keying (PSK)* merupakan modulasi digital dengan mengubah fase sinyal pembawa (*carrier*) sesuai dengan perubahan kondisi masukan dari sinyal informasi [7]. Nilai M dalam *Binary PSK (BPSK)* adalah 2. Parameter E adalah energi simbol sedangkan T adalah waktu simbol. Dalam modulasi BPSK, sinyal informasi mengubah fase sinyal $s_i(t)$ ke dalam 2 kondisi, yaitu fase 0^0 dan 180^0 .

Untuk mengubah fase sinyal *carrier* dapat mengintegrasikan sinyal informasi dalam bipolar dengan sinyal *carrier* tersebut. Sehingga sinyal keluaran modulasi BPSK yang dimodelkan dalam Gambar 2 adalah 2 jenis sinyal yaitu $s_1(t)$ dan $s_2(t)$ yang merepresentasikan bit sinyal informasi.



Gambar 2. Modulasi BPSK [7].

Proses demodulasi dapat dibagi menjadi tiga subbagian besar. Bagian pertama, masukan yang berupa sinyal gelombang ditekan oleh sinyal pembawa secara alami, sehingga diperlukan deteksi koheren. Pembawa fase koheren berasal dari sinyal yang masuk ini disebut *carrier recovery*. Jika diasumsikan sinyal hasil modulasi BPSK tidak terkena gangguan maka dalam proses demodulasinya sinyal modulasi BPSK akan diintegrasikan dengan sinyal referensi $s_i(t)$.

$$z_i(T) = \int_0^T r(t)s_i(t)dt \quad (1)$$

Data kasar tersebut kemudian dilewatkan melalui *matched filter* yang berupa *low pass filter* sehingga dapat meminimalkan efek distorsi *intersymbol-interference*.

Sinyal $z_i(T)$ akan melewati sebuah *filter* yang berupa *low pass filter (LPF)* dimana filter ini melewatkan frekuensi sinyal informasi (f_{pass}). Hasil dari LPF akan diproses dalam *decision stage* yang merupakan komparator untuk menghasilkan sinyal informasi kembali.

Semakin kecil *bandwidth* filter maka semakin kecil noise yang akan melewati filter tersebut. Tetapi semakin kecil *bandwidth* filter dapat mengakibatkan penurunan daya sinyal demodulasi dan juga bisa menyebabkan kesalahan deteksi. Untuk spesifikasi filter yang baik harus bisa meningkatkan nilai *Signal to Noise Ratio (SNR)*. Berdasarkan teori *Nyquist*, agar tidak terjadi kesalahan pada deteksi sinyal pada saat setengah dari periode simbol, filter harus memiliki *bandwidth* tidak kurang dari setengah laju simbol atau bit.

III. DESAIN SISTEM

Sistem yang akan dibangun adalah suatu sistem komunikasi nirkabel yang memanfaatkan platform *Software Defined Radio (SDR)* sebagai modem. Selanjutnya dalam rangka mendukung proses pengujian pada penelitian ini maka ada beberapa perangkat yang diperlukan baik itu perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*). Pada perangkat keras akan digunakan DSK TMS320C6713 yang akan mendukung proses digital signal processing dari SDR. Sedangkan perangkat lunak yang akan dipakai adalah Matlab R2007a dan *Code Composer Studio (CCS)* v3.1.

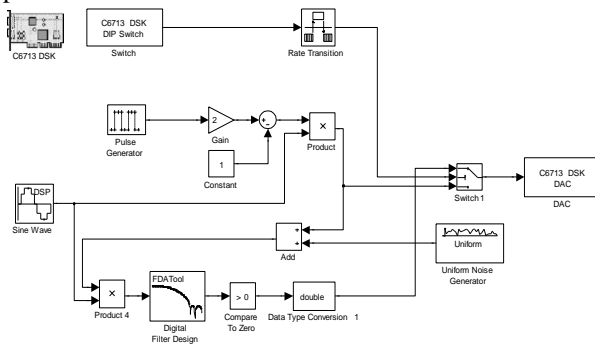
Karena teknologi yang belum memungkinkan untuk melaksanakan SDR yang ideal, maka dilakukan berbagai pendekatan terhadap sistem SDR yang mungkin dapat diimplementasikan. Dalam penelitian ini

akan dilakukan pendekatan sistem SDR dengan memanfaatkan perangkat DSK TMS320C6713 sebagai *transceiver* digital.

Digital Signal Processor (DSP) seri TMS320C6x adalah mikroprosesor berkecepatan tinggi dengan tipe arsitektur yang cocok digunakan untuk mengolah sinyal. Notasi C6x merupakan kode dari produk DSP keluaran Texas Instruments TMS320C6000. Dengan menggunakan arsitektur *Very Long Instruction Word* (VLIW), DSP C6x menjadi prosesor tercepat keluaran Texas Instruments. Gambar 3.5 menunjukkan diagram DSK TMS320C6713. Arsitektur VLIW pada DSP C6x sangat cocok untuk proses perhitungan yang intensif [8].

Modem yang diimplementasikan pada SDR akan memanfaatkan fungsi dari pengolahan signal processing DSK TMS320C6713. Pada DSK TMS320C6713 akan mengimplementasikan sistem modem atau modulasi dan demodulasi DIP Switch dengan sinyal informasi dari *pulse generator* (DIP Switch PG).

Sistem modem SDR pada dasarnya menggabungkan antara radio analog dan radio digital. Pada perancangan ini digunakan DSK TMS320C6713 sebagai perangkat radio analog dan Simulink Matlab difungsikan sebagai radio digital. Adapun program implementasi sistem modem SDR pada DSK TMS320C6713 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Program Implementasi Modem SDR pada Simulink Matlab.

Model sistem yang diimplementasikan akan diuji kinerjanya dengan parameter *Bit Error Rate* (BER) terhadap variasi *noise* tertentu. Tegangan sinyal hasil modulasi BPSK akan diukur dengan menggunakan avometer yang memiliki ketelitian tegangan AC pada *range* 2 volt. Selanjutnya akan diukur pula variasi *noise* sehingga dapat dicari nilai perbandingan antara tegangan sinyal dengan tegangan *noise* dalam SNR.

Pengujian akan dilakukan pada saat kondisi laju bit 1 kbps dan 2 kbps. Jumlah bit yang diuji adalah 10.000 bit. Sehingga untuk laju bit 1 kbps memerlukan 10 detik untuk mencapai 10.000 bit. Sedangkan untuk laju bit 2 kbps hanya memerlukan 5 detik. Hasil demodulasi implementasi sistem yang berupa *log file* dari *oscilloscope* berbasis PC (*Visual Analyzer*) diolah dengan Ms Excel. Nilai BER diperoleh dari perbandingan antara deretan bit yang diterima dengan data asli.

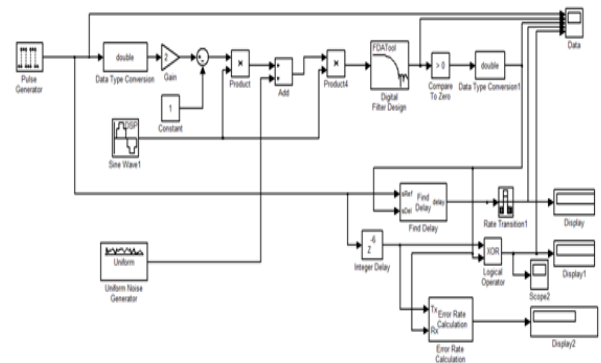
Noise yang dimodelkan oleh blok *uniform noise generator* akan divariasikan untuk mendapatkan variasi nilai SNR. Pada 1 titik uji SNR dilakukan sebanyak tiga kali pengujian. Sedangkan nilai BER yang ditampilkan

dalam grafik merupakan nilai BER hasil rata-rata tiga kali pengujian.

IV. PENGUJIAN SISTEM

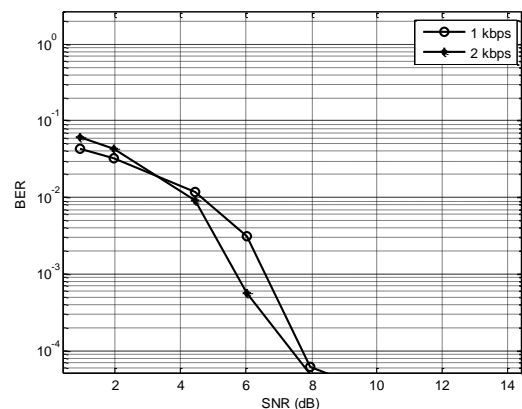
A. Pengujian Sistem Modem Secara Simulasi

Software yang digunakan untuk perancangan modem secara simulasi adalah aplikasi Simulink pada Matlab R2007a yang kemudian sebagai pendekatan implementasi dalam DSK TMS320C6713. Diagram blok desain modem dapat dilihat pada Gambar 4 yang ditampilkan dalam Simulink Matlab.



Gambar 4. Diagram Blok Simulasi Modem.

Pengujian pada proses simulasi sistem modem ini dengan melihat parameter variable laju bit dan *noise*. Nilai variasi laju bit adalah 1 kbps dan 2 kbps. Amplitudo *noise* disimulasikan pada 8 titik uji yaitu nilai 0,2 ; 0,25 ; 0,3 ; 0,4 ; 0,5 ; 0,6 ; 0,8 ; 0,9, sehingga didapatkan hasil seperti yang ditunjukkan pada grafik BER vs SNR dalam Gambar 5.



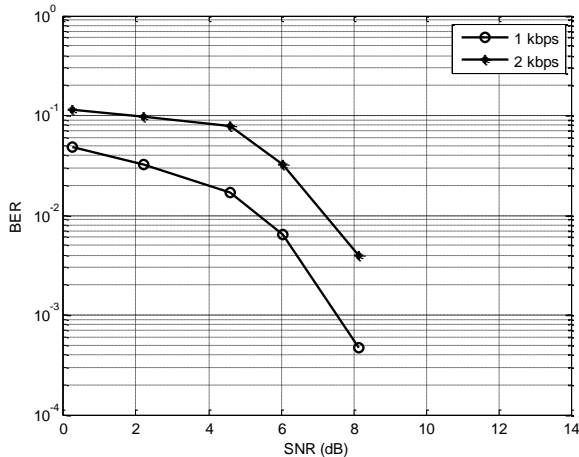
Gambar 5. Grafik BER vs SNR Sistem Modem dengan Simulasi.

Berdasarkan hasil pengamatan secara keseluruhan, nilai BER pada laju bit 1 kbps dan 2 kbps tidak berbeda jauh untuk SNR kurang dari 7,96 dB. Hal ini disebabkan *low pass filter* yang dipilih sebelumnya merupakan spesifikasi terbaik untuk kondisi 2 laju bit tersebut. Ketika SNR bernilai lebih dari 7,96 dB untuk laju data 1 kbps, terjadi penurunan nilai BER yang tidak signifikan jika dibandingkan pada SNR kurang dari 7,96 dB. Sedangkan untuk laju data 2 kbps, pada rentang nilai SNR antara 7,96 dB sampai 13,98 dB memiliki nilai BER yang sama. Hal ini dapat disebabkan oleh arsitektur sistem modulasi dan demodulasi BPSK yang disimulasikan. *Noise* yang mengakibatkan nilai SNR

lebih dari 7,96 dB tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai BER.

B. Pengujian Implementasi Modem SDR pada DSK TMS320C6713

Spesifikasi modem akan disesuaikan dengan kemampuan dari perangkat yang akan digunakan serta sesuai dengan spesifikasi yang digunakan pada pengujian secara simulasi. Adapun dalam pengambilan data untuk mendapatkan nilai BER dilakukan pengujian sebanyak tiga kali, sehingga diambil nilai BER rata-rata dari ketiga pengujian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 untuk laju bit 1 kbps dan 2 kbps.



Gambar 6. Grafik BER vs SNR Sistem Modem SDR.

Berdasarkan Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa pada saat SNR bernilai lebih dari 8,14 dB nilai BER sama dengan 0 untuk laju bit 1 kbps dan 2 kbps. Hal ini menunjukkan bahwa antara bit yang diterima sama dengan bit yang dikirim, sehingga tidak ada kesalahan bit. Selain itu dapat dilihat juga bahwa nilai BER pada laju bit 1 kbps lebih baik dibandingkan nilai BER pada laju bit 2 kbps untuk nilai SNR yang sama. Adapun salah satu yang mempengaruhi adalah pada laju bit yang lebih tinggi, sistem detektor (komparator sinyal) pada sistem demodulasi BPSK akan bekerja dengan cepat sehingga *noise* akan sangat berpengaruh dan dapat mengakibatkan kesalahan deteksi bit.

V. PENUTUP

A. Simpulan

Dari hasil studi dan analisa terhadap hasil simulasi, dapat diberikan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Modem yang akan dirancang memiliki spesifikasi frekuensi sampling 8 kHz, menggunakan modulasi BPSK dan variasi bit rate 1 kbps dan 2 kbps.
2. Hasil implementasi terbaik pada sistem modem SDR pada DSK TMS320C6713 yaitu pada saat BER = 0 dalam pengujian 10.000 bit untuk nilai SNR > 10,61 dB dengan variasi laju bit 1 kbps dan 2 kbps.
3. Salah satu spesifikasi sistem yang dapat memperbaiki nilai BER adalah penggunaan *low pass filter*.

B. Saran

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan dalam penelitian ini, perlu adanya sistem sinkronisasi antar perangkat DSK TMS320C6713 untuk lebih meningkatkan kinerja sistem sebagai perbaikan penelitian selanjutnya.

REFERENSI

- [1] Azarnasab, E., Hu, Xiaolin, Amini, P., Boroujeny, F., (2008), *Progressive Simulation-based Design: A Case Study Example on Software Defined Radio*, The 2008 IEEE Conference on Automation Science and Engineering (IEEE-CASE 2008).
- [2] Roupael, T.J., (2009), *RF and Digital Signal Processing for Software Define Radio*, USA: Newnes, pp. 1-6.
- [3] Manafe, Y., (2009), *Pengembangan Modem Untuk Sistem Komunikasi Data Nirkabel Ad Hoc*, Tesis JTE-FTI, ITS.
- [4] Buracchini, E., (2000), *The Software Radio Concept*, IEEE Comm. Magazine, p. 138-143.
- [5] Singh, A. K., Singh, G. dan Chauhan, D. S., (2008), *Software Defined Radio in Wireless Ad-Hoc Network*, Proc. Of the SDR '08 Technical Conference and Product Exposition.
- [6] Rep. ITU-R M.2117, (2007), *Software Defined Radio in The Land Mobile, Amateur and Amateur Satellite Services* International Telecommunication Union.
- [7] Sklar, B., (2001), *Digital Communications Fundamental and Applications*, Prentice Hall, United State of America, Ch. 4.
- [8] Chassaing, R., (2005), *Digital Signal Processing and Application with the C6713 and C6416 DSK*, Wiley-Interscience, United State of America, Ch. 1.