

Simulasi Modulator Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) Menggunakan Simulink

Rian Suryo Darmawan¹, Prapto Nugroho², Addin Suwastono²

Mahasiswa S2 Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi UGM¹
 rian_s2te_12@mail.ugm.ac.id

Dosen Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi UGM²

Abstrak

Telah dilakukan simulasi modulator *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK) menggunakan Simulink. Simulasi ini dilakukan sebagai langkah awal implementasi modem $\pi/4$ -DQPSK pada FPGA Atlys Spartan-6. Simulasi dilakukan dengan memanfaatkan *toolbox* yang ada pada Simulink. Hasil simulasi berupa sinyal carrier dan diagram konstelasi telah sesuai dengan teori. Disajikan pula hasil simulasi berupa *signal trajectory* dan *eye diagram*.

Kata Kunci: Modulasi, $\pi/4$ -DQPSK, diagram konstelasi, simulink

1. Pendahuluan

Modulator-Demodulator (modem) memegang peranan penting dalam komunikasi digital. Modem menentukan pemetaan sinyal, *baseband filtering* dan tipe modulasi sistem. Parameter-parameter ini berpengaruh pada pemakaian *bandwidth*, efisiensi *bandwidth* dan unjuk kerja BER pada sistem. Sistem modulasi biner lebih sederhana dan efisien dalam daya tetapi kurang efisien dalam hal spektral dibandingkan sistem M-ary [1]. Karena keterbatasan spektrum yang tersedia, teknik modulasi yang efisien dalam hal *bandwidth* biasanya digunakan dalam komunikasi nirkabel.

Teknik modulasi $\pi/4$ -DQPSK banyak digunakan dalam komunikasi nirkabel. Sistem ini digunakan antara lain oleh *North American Digital Cellular standard* (NADC IS-54), *Personal Digital Cellular standard* (PDC), *Personal Handyphone System* (PHS), *Trans European Trunked Radio* (TETRA). Efisiensi spektral $\pi/4$ -DQPSK 20% lebih baik daripada GMSK [2].

Modulasi $\pi/4$ -DQPSK merupakan variasi dari QPSK yang menyerupai 8-PSK. $\pi/4$ -DQPSK tersusun dari dua konstelasi QPSK yang bergeser atau berjarak $\pi/4$. QPSK memiliki empat sinyal yang digunakan untuk mengirim empat dua-bit simbol. QPSK memiliki efisiensi spektral dua kali dibandingkan dengan PSK yang memiliki efisiensi daya yang sama [3]. QPSK merupakan sinyal dua-dimensi, bukan karena mengirim dua-bit per simbol tetapi karena menggunakan dua sinyal yang independen (sin dan cos) untuk membentuk simbol tersebut [4]. Pemetaan simbol QPSK diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1: Pemetaan simbol QPSK

Simbol	Bits	Phase ($^\circ$)	I	Q
S1	11	45	1/ 2	1/ 2
S2	01	135	-1/ 2	1/ 2
S3	00	225	-1/ 2	-1/ 2
S4	10	315	1/ 2	-1/ 2

Definisi empat simbol dalam modulasi QPSK S1, S2, S3 dan S4 dapat ditulis dalam bentuk sinus atau cosinus sebagai berikut:

$$S1 = \sqrt{\frac{2E_s}{T}} \cos(\omega t + \pi/4) \quad (1)$$

$$S2 = \sqrt{\frac{2E_s}{T}} \sin(\omega t + 3\pi/4) \quad (2)$$

$$S3 = \sqrt{\frac{2E_s}{T}} \cos(\omega t + 5\pi/4) \quad (3)$$

$$S4 = \sqrt{\frac{2E_s}{T}} \sin(\omega t + 7\pi/4) \quad (4)$$

Persamaan-persamaan tersebut dapat diuraikan lebih lanjut menghitung amplitude kanal I dan Q. Sebagai contoh untuk simbol S1. Menggunakan persamaan trigonometri :

$$\cos(x + y) = \cos x \cos y - \sin x \sin y \quad (5)$$

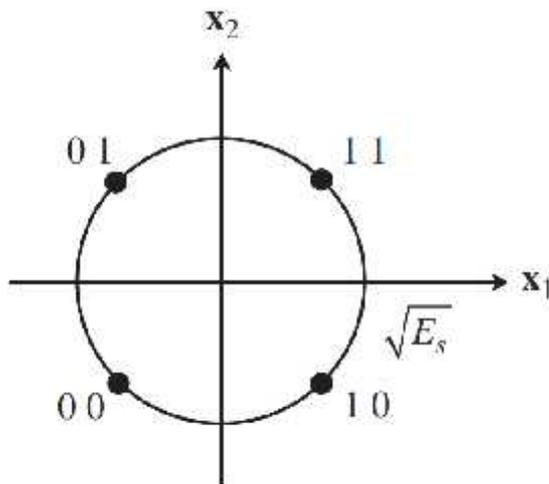
Substitusi persamaan (5) pada persamaan (1) maka akan didapat:

$$\begin{aligned} & \sqrt{\frac{2E_s}{T}} (\cos \omega t \cos \pi/4 - \sin \omega t \sin \pi/4) \\ & = \sqrt{\frac{E_s}{T}} (\cos t - \sin t) \end{aligned}$$

Dapat terlihat bahwa sinyal *carrier* yang mewakili simbol khusus dapat dihasilkan dari gelombang sinus dan cosinus dengan amplitude tertentu. Hal ini dapat dimungkinkan dengan implementasi perangkat keras.

Kanal *in-phase* yang ditunjukkan oleh vektor x_1 dilambangkan dengan kanal-I dan kanal *quadrature* yang ditunjukkan oleh vektor x_2 dilambangkan dengan kanal-Q. Simbol masukan bit pada nilai I dan Q disusun berdasarkan *gray coding* dimana simbol yang berdekatan hanya berbeda satu bit.

Konstelasi merupakan plot dari amplitude kanal I terhadap amplitude kanal Q yang disampling pada *symbol rate*. Jika *symbol rate* adalah 0,1 detik maka sinyal pada domain waktu akan disampling setiap 0,1 detik dan kemudian nilai I dan Q akan di-plot. Diagram konstelasi QPSK diperlihatkan pada Gambar 1 yang dihasilkan dari menge-plot nilai amplitude I dan Q pada Tabel 1. Setiap titik merupakan pasangan nilai I dengan Q yang mewakili sinyal modulasi atau simbol. Nilai I dan Q ini dihitung dengan cara mengalikan amplitude sinyal dengan sinus atau cosinus sudut fase.

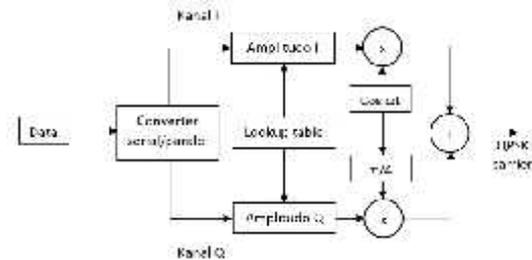


Gambar 1. Diagram konstelasi QPSK

Diagram konstelasi ini dihasilkan sebelum menggabungkan sinyal I dengan Q menjadi sebuah sinyal gabungan. Diagram konstelasi selalu terletak pada *baseband*, yaitu pada saat frekuensi *carrier* sama dengan nol. Diagram *eye* juga terletak pada *baseband* dan memperlihatkan informasi yang sama tetapi dalam domain waktu. Diagram konstelasi pada Gambar 1 berbentuk persegi sempurna karena kanal tidak mengalami degradasi disebabkan oleh penguatan atau medium. Ketika diagram konstelasi dihasilkan pada sisi *receiver*, hasilnya tidak sempurna dan kita dapat mengetahui distorsi apa yang telah dialami oleh sinyal.

Blok diagram modulasi QPSK diperlihatkan pada Gambar 2. Pertama kali aliran data bit dengan *bitrate* R_b akan masuk *converter* serial/paralel yang akan membagi menjadi dua

aliran bit dengan masing-masing *bitrate* setengah R_b . Kemudian menggunakan *lookup table*, aliran data diubah menjadi nilai I dan Q yang hasilnya kemudian dimodulasi dengan sinyal cosinus untuk I dan sinyal sinus untuk Q. Sinyal modulasi I dan Q kemudian ditambahkan sehingga didapatkan sinyal QPSK *carrier*.



Gambar 2. Blok diagram modulator QPSK

2. Metode

2.1 Metode Pengumpulan Data

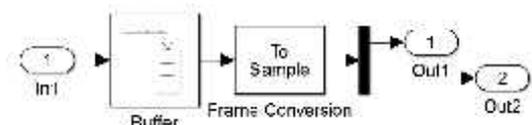
Simulasi modulator QPSK menggunakan Simulink. Simulink merupakan fasilitas tambahan yang terdapat pada perangkat lunak Matlab yang dapat digunakan sebagai sarana pemodelan dan simulasi pada sistem dinamik dengan antarmuka grafis. Proses simulasi dapat membantu dalam analisis dan desain suatu sistem. Simulink terdiri dari beberapa kumpulan *toolbox* yang dapat digunakan untuk berbagai macam analisis.

2.2 Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan mengamati keluaran dari simulasi modulator QPSK menggunakan *toolbox* yang terdapat pada Simulink. *Toolbox* yang digunakan untuk mengamati hasil simulasi adalah *discrete-time scatter plot scope*, *discrete-time eye diagram scope* dan *discrete-time signal trajectory scope*.

3. Hasil dan Pembahasan

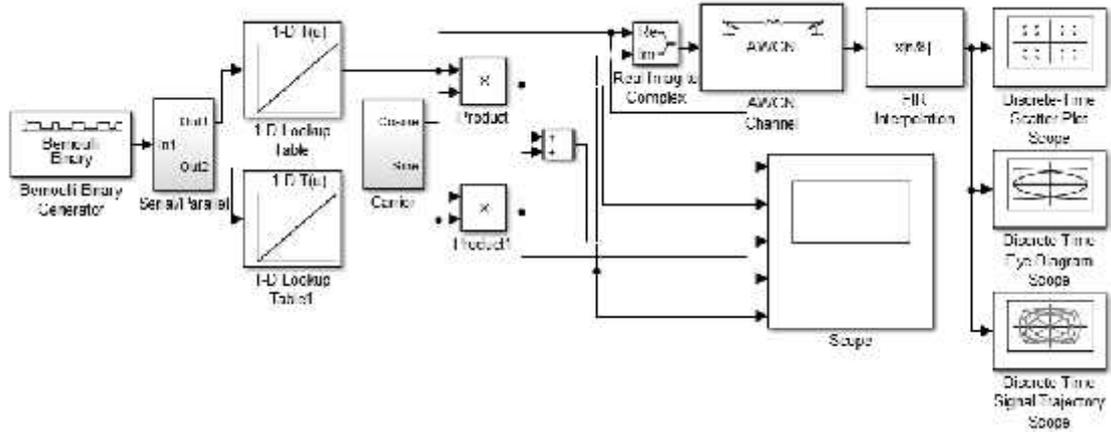
Pada simulasi QPSK, masukan aliran data bit menggunakan *toolbox Bernoulli Binary Generator* yang membangkitkan bilangan biner secara acak. Untuk sub-sistem konverter serial ke paralel tersusun atas *toolbox buffer*, *frame conversion* dan *demux*.



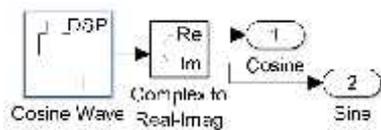
Gambar 3. Sub-sistem konverter serial ke paralel

Ukuran *buffer* di-set 2 per kanal yang berarti data serial yang masuk dipersiapkan untuk dibagi menjadi dua. Data kemudian dibagi pada *toolbox demux* menjadi dua kanal.

Untuk pemetaan simbol menggunakan *toolbox lookup table* dengan tabel kebenaran ditunjukkan pada Tabel 1.

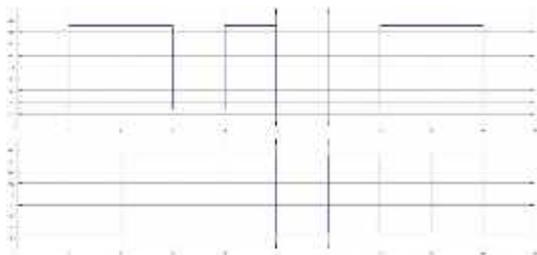


Gambar 4. Simulasi modulator QPSK menggunakan Simulink

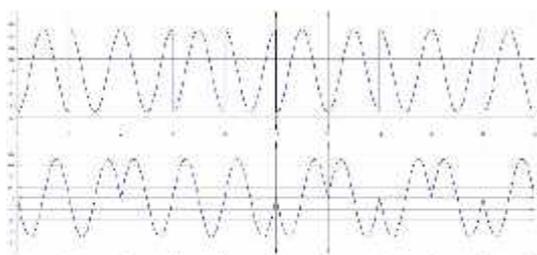


Gambar 5. Sub-sistem pembangkit sinyal carrier

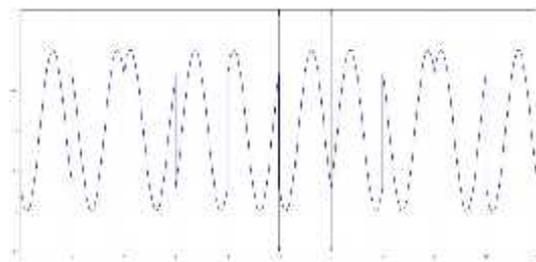
Sub-sistem pembangkit sinyal *carrier* terdiri dari *toolbox cosine wave* dan *complex to real-imag*. Fungsi dari *toolbox cosine wave* adalah membangkitkan gelombang cosinus. Sedangkan fungsi dari *toolbox complex to real-imag* adalah mengubah tipe data dari kompleks menjadi real dan imajiner sehingga didapatkan gelombang cosinus dan sinus yang memiliki beda fase $\pi/4$. Sinyal I dan Q hasil simulasi modulator QPSK ditunjukkan pada Gambar 5. Terdapat dua nilai kemungkinan $(-0,707 ; 0,707)$ yang ditunjukkan oleh variasi sinyal I dan Q sesuai dengan simbolnya.



Gambar 6. Mapping sinyal I dan Q dari simbol QPSK



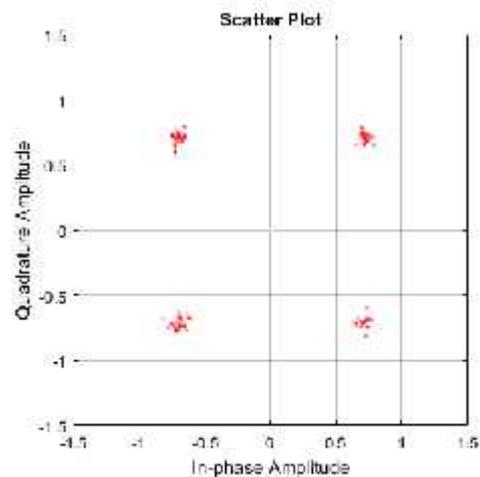
Gambar 7. Sinyal I dan Q yang dimodulasi secara QPSK



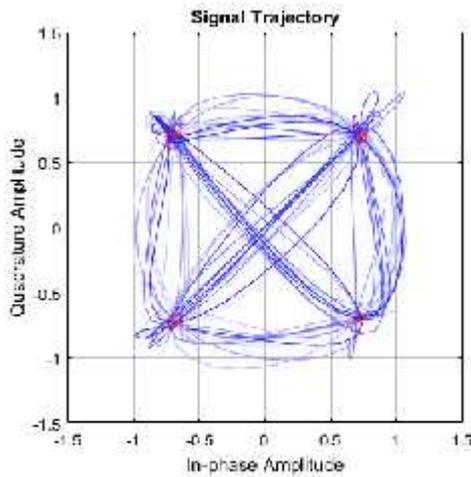
Gambar 8. Sinyal carrier yang dimodulasi secara QPSK

Simulasi modulator QPSK dilakukan dengan menambahkan kanal *Additive White Gaussian Noise* (AWGN) dimana informasi pada kanal tersebut diberi gangguan berupa penambahan linear dari *white noise* dengan kerapatan spektrum yang konstan dan distribusi Gaussian dari *sample noise*.

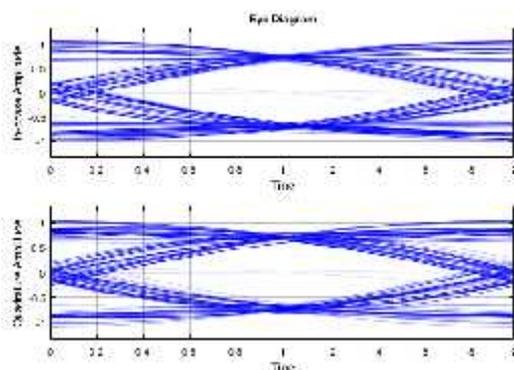
Hasil berupa *constellation diagram*, *signal trajectories* dan *eye diagram* berturut-turut ditunjukkan pada Gambar 9, Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 9. Constellation diagram dari sinyal I dan Q setelah dimodulasi dengan QPSK



Gambar 10. Signal trajectory dari sinyal I dan Q setelah dimodulasi dengan QPSK



Gambar 11. Eye diagram dari sinyal I dan Q setelah dimodulasi dengan QPSK

4. Kesimpulan

Digram konstelasi menunjukkan hasil yang sesuai dengan teori dimana posisi koordinat I dan Q terletak pada nilai $\pm 0,707$. Diagram *signal trajectory* juga menunjukkan hasil yang sesuai dengan teori dimana perpindahan simbol terletak pada koordinat I dan Q. Pada penelitian selanjutnya akan disimulasikan demodulator QPSK sehingga dapat dibandingkan antara sinyal masukan modulator dengan simyal keluaran demodulator.

Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Dr. Eng. Prpto Nugroho dan Addin Suwastono, S.T., M.Eng. selaku pembimbing thesis.

Daftar Pustaka

- [1] Dr. Kamilo Feher, (1995), *Wireless Digital Communications: Modulation and spread spectrum applications*, PrenticeHall of India.
- [2] Asha Mehrotra, (1994), *Cellular Radio Performance Engineering*, Artech House, Inc.
- [3] Ha, Tri T, (2011), *Theory and Design of Digital Communication Systems*, Cambridge University Press, New York
- [4] Langton, Charan, (2002), *All About Modulation – Part I*, Diakses di