

SIMULATOR PERBANDINGAN DATA RATE MODULASI QPSK DAN 16 QAM SISTEM WCDMA (WIDE CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS) DAN HSDPA (HIGH SPEED DOWNLINK PACKET ACCESS)

Herdianna Kusuma W¹, Aisah², Farida Arinie³
Jaringan Telekomunikasi Digital, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang
herdianna.kusuma@gmail.com¹

Abstract

HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) is the upgrade performance data packets extraordinary against WCDMA thus producing top speed 14,4 Mbps. One of the goals the creation of HSDPA is as an improvement over previous technologies. The expected improvement of HSDPA technology increasing the data rate is capable of exceeding data rate in order to WCDMA customer satisfaction in accessing multimedia content such as streaming video and data at high speed. Data Rate is the maximum data rate that can be accepted by the UE (User Equipment) in ideal conditions. One of the factors that affect the data rate is modulation scheme used by each of the technologies. QPSK modulation is used in WCDMA system and adaptive modulation (QPSK and 16QAM) is used in HSDPA system.

In the research the results obtained by selection of symbol rate of 480 kbps bit rate will yield 960 kbps while the selection symbol rate is 960 kbps will produce 1920 kbps bit rate using modulation QPSK modulation. As for 16QAM modulation, symbol rate of 480 kbps produces 1920 kbps and symbol rate is 960 kbps bit rate produces 3840 kbps.

Of the trial results, the more number of bits sent then the higher data rate that can be accepted by the UE (user equipment). With 2 bits of information that are sent, the resulting bit rate will be double higher than the value of symbol rate. While the number of bits of information 4bit, the resulting bit rate fourfold higher than the value of the symbol ratenya.

Kata kunci : HSDPA, WCDMA, QPSK, 16QAM, data rate.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi seluler saat ini berkembang sangat cepat. Di Indonesia sendiri perkembangan teknologi tersebut dapat dirasakan dengan hadirnya sistem HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) yang mampu dihadirkan oleh 3 operator seluler terbesar yang sebelumnya menggunakan WCDMA (Wide Code Division Multiple Access). HSDPA merupakan hasil upgrade kinerja paket data yang luar biasa terhadap WCDMA sehingga menghasilkan kecepatan puncak 14,4 Mbps.

Salah satu tujuan dibentuknya HSDPA adalah sebagai perbaikan dari teknologi sebelumnya. Perbaikan yang diharapkan dari teknologi HSDPA ini adalah peningkatan *data rate* yang mampu melebihi *data rate* WCDMA dengan tujuan untuk kepuasan pelanggan dalam mengakses konten-konten multimedia seperti *streaming video* hingga *download data* dengan kecepatan tinggi. *Data Rate* adalah laju data maksimum yang dapat diterima oleh UE (User Equipment) pada kondisi ideal.

Salah satu faktor yang mempengaruhi *data rate* adalah skema modulasi yang digunakan oleh

masing-masing teknologi. Modulasi adalah proses merubah salah satu atau beberapa parameter gelombang pembawa seperti amplitudo, fase atau frekuensi sebagai fungsi sinyal informasi. WCDMA atau sering disebut dengan teknologi 3G menggunakan modulasi QPSK pada arah *downlink*. Sedangkan HSDPA menggunakan skema modulasi adaptif yaitu modulasi QPSK dan 16QAM pada arah *downlink*. Perbedaan skema modulasi ini dapat menyebabkan perbedaan *data rate*. Hal ini disebabkan karena QPSK mampu mengirimkan 2 bit dalam 1 simbol, sedangkan 16QAM dapat mengirimkan 4 bit dalam 1 simbol. Berdasarkan perbedaan tersebut, *data rate* yang dihasilkan juga akan berbeda. Jenis modulasi yang digunakan pada sistem ini adalah modulasi digital dimana simbol-simbol digital diubah menjadi bentuk gelombang sesuai dengan karakteristik kanal yang akan dilewati. Pada modulasi ini terdapat 3 parameter yang sangat penting, diantaranya adalah sinyal input, sinyal *carrier* dan sinyal output. Sinyal input pada modulasi yang digunakan merupakan sinyal digital dalam bentuk pulsa yang mempunyai besaran 0 dan 1. Sinyal *carrier* adalah sinyal pembawa yang akan membawa sinyal input dalam proses modulasi yang

biasanya berbentuk sinyal analog. Sinyal output adalah sinyal termodulasi setelah proses modulasi yang akan ditransmisikan.

Berdasar dari perbedaan tersebut maka dibuat suatu simulator perbandingan *data rate* menggunakan pemrograman Delphi 7 yang bertujuan untuk menggambarkan proses perubahan *data rate* dari WCDMA menuju HSDPA dengan parameter modulasi QPSK dan 16QAM. Pada simulator ini akan ditampilkan visualisasi proses modulasi QPSK dan 16QAM serta proses pengiriman data dari BTS (*Base Transceiver Station*) ke UE (*User Equipment*) yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan pada saat mengirimkan data menggunakan modulasi QPSK dan 16QAM.

Rumusan Masalah:

1. Bagaimana membuat gambaran proses modulasi QPSK dan 16QAM dengan pemrograman Delphi 7?
2. Bagaimana proses modulasi QPSK dan 16QAM menghasilkan *data rate*?
3. Bagaimana perbedaan *data rate* menggunakan modulasi QPSK dan 16QAM?

Tujuan :

1. Untuk mengetahui gambaran proses modulasi QPSK dan 16QAM.
2. Untuk mengetahui pengaruh modulasi QPSK dan 16QAM dalam menghasilkan *data rate*.
3. Untuk mengetahui perbedaan *data rate* pada modulasi QPSK dan 16QAM

2. Teori Dasar

2.1 Modulasi Digital

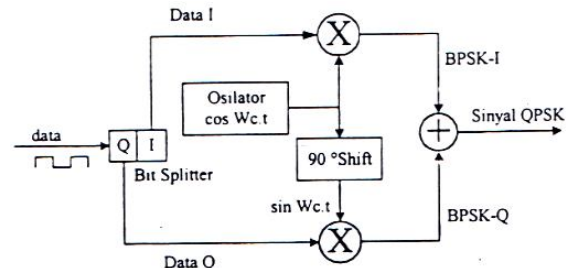
Modulasi adalah mengubah salah satu atau beberapa parameter gelombang pembawa seperti amplitudo, fase atau frekuensi sebagai fungsi sinyal informasi. Sedangkan modulasi digital merupakan suatu proses dimana simbol-simbol digital diubah menjadi bentuk gelombang sesuai dengan karakteristik kanal yang akan dilewati. Karena dalam sistem komunikasi, modulasi berfungsi untuk menyamakan karakteristik sinyal dengan karakteristik kanal, untuk mengurangi noise dan interferensi, serta mengatasi keterbatasan peralatan.

2.2 QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*)

Pada sistem QPSK sinyal termodulasi mempunyai 4 kemungkinan keadaan fasa tertentu. Keadaan fasa ini dibangkitkan oleh pemetaan yang unik dari dua bit yang berurutan menjadi satu symbol. Keadaan fasa yang sesuai dijaga selama

interval T_s yang mempunyai durasi 2 bit ($T_s = 2T_b$).

Gelombang QPSK mengalami perubahan setiap $2T_b$ detik, gelombang ini tidak mempunyai selubung yang konstan karena dengan adanya pergeseran fasa 180° akan menyebabkan amplitude kembali ke nol. Perubahan fasa ini terjadi jika $I(t)$ dan $Q(t)$ berubah secara bersamaan.



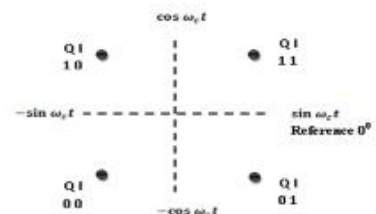
Gambar 2.1 Digram Modulator QPSK

Sumber : Bambang Sumjudin, Budi Prasetyo :82

Diagram Konstelasi QPSK

Pada diagram konstelasi dari QPSK terdapat 4 titik dimana untuk satu titik mewakili 2 bit data yaitu (0 0), (0 1), (1 0), dan (1 1).

- $A_c \cos(\omega_c t + 45^\circ)$ simbol 11
- $A_c \cos(\omega_c t + 135^\circ)$ simbol 01
- $A_c \cos(\omega_c t + 225^\circ)$ simbol 00
- $A_c \cos(\omega_c t + 315^\circ)$ simbol 10

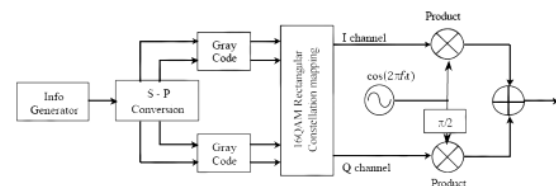


Gambar 2. Diagram Konstelasi QPSK

Sumber : Noviana Purwita Sa'iyanti, PENS:hal.3

2.3 16 QAM

Proses modulasi 16QAM hampir sama dengan QPSK, yang membedakannya adalah terdapat proses pembentukan sinyal digital multilevel yang dilakukan oleh 2 to 4 level converter. Bit stream data akan berkelompok empat bit sehingga terdapat 16 simbol yang akan dimodulasikan.



Gambar 3. Blok Diagram Sistem 16 QAM

Sumber : Dienza Arisandy, FT UI, 2008:13

2.4 Data Rate

Data rate adalah laju data maksimum yang dapat diterima oleh UE pada kondisi ideal. Satuan yang digunakan untuk data rate adalah bps (*bit per second*).

Beberapa faktor yang mempengaruhi nilai data rate diantaranya adalah simbol rate dan banyaknya bit yang dikirim per simbol yang erat kaitannya dengan modulasi yang akan digunakan. Rumus data rate dapat ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$R_s = \frac{R}{\log_2 M} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$k = \log_2 M \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana :

- Rs = simbol rate (sps)
- R = bit rate (bps)
- M = banyaknya bit yang dikirim
- k = banyaknya bit per simbol

Karena modulasi QPSK mampu mengirim 2 bit per simbol maka dapat dijelaskan dengan rumus berikut : $M=2, k=\log_2 2, k=1$. Sedangkan untuk modulasi 16QAM mampu mengirim 4 bit per simbol maka juga dapat dijelaskan dengan rumus berikut : $M=4, k=\log_2 4, k=2$. Hubungan dari persamaan tersebut dapat digambarkan sebagai berikut, jika nilai k meningkat maka data rate juga akan meningkat.

2.5 HSDPA

High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) adalah hasil *upgrade* kinerja paket data yang luar biasa terhadap WCDMA sehingga menghasilkan kecepatan puncak 14 Mbps dan meningkatkan kecepatan *throughput* rata-rata sebesar 1 Mbps atau lebih 3½ kali WCDMA. HSDPA juga meningkatkan efisiensi spektrum dengan kelipatan yang sama. HSDPA memiliki kompatibilitas penuh terhadap WCDMA dan beberapa aplikasi yang dikembangkan bagi WCDMA akan beroperasi bersama HSDPA. Kanal radio yang sama dapat melayani *voice* maupun data *user* WCDMA secara simultan seperti juga pada data *user* HSDPA. Kemudian HSDPA juga memiliki *network latency* yang lebih rendah yaitu mencapai 100 ms.

HSDPA menggunakan modulasi QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*) sebagaimana pada WCDMA, serta suatu jenis modulasi orde tinggi 16-QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*). Ketika kanal HSDPA berada pada kondisi yang kurang baik maka digunakan modulasi orde rendah yaitu QPSK dan sebaliknya jika kanal berada pada kondisi baik maka menggunakan modulasi 16QAM. Keuntungan modulasi 16-QAM adalah adanya pengiriman 4 bit data di setiap simbol radio sehingga meningkatkan

throughput data. Sedangkan untuk modulasi QPSK mampu mengirimkan 2 bit data setiap simbolnya.

2.6 WCDMA

UMTS merupakan suatu revolusi dari GSM yang mendukung kemampuan generasi ketiga (3G). UMTS menggunakan teknologi akses WCDMA dengan system DS-CDMA (*Direct Sequence Wideband CDMA*). Terdapat dua mode yang digunakan dalam WCDMA dimana yang pertama menggunakan FDD (*Frequency Division Duplex*) dan kedua dengan menggunakan TDD (*Time Division Duplex*). FDD dikembangkan di Eropa dan Amerika sedangkan TDD dikembangkan di Asia. Pada WCDMA FDD, digunakan sepasang frekuensi pembawa 5 MHz pada uplink dan downlink dengan alokasi frekuensi untuk uplink yaitu 1945 MHz – 1950 MHz dan untuk downlink yaitu 2135 MHz – 2140 MHz. Teknologi ini digunakan dalam 3G-UMTS dengan kecepatan data mencapai 2Mbps sehingga dapat melayani pengiriman *voice*, data, dan *video* untuk layanan *mobile internet*.

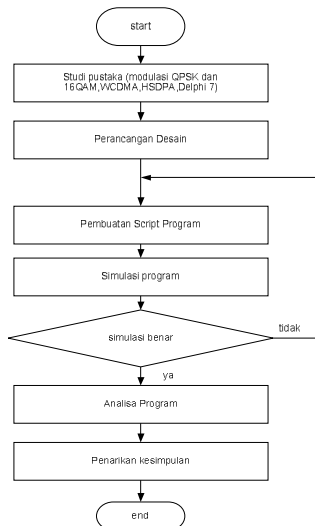
2.7 Borland Delphi 7.0

Borland Delphi 7 merupakan bahasa pemrograman berbasis Windows. Delphi 7 dapat membantu untuk membuat berbagai macam aplikasi yang berjalan di sistem operasi *Windows*, mulai dari sebuah program sederhana sampai dengan program yang berbasis *client/server* atau jaringan. Delphi adalah kompiler / penterjemah bahasa Delphi (awalnya dari Pascal) yang merupakan bahasa tingkat tinggi sekelas dengan Basic, C. Bahasa Pemrograman di Delphi disebut bahasa prosedural artinya bahasa/sintaknya mengikuti urutan tertentu / prosedur.

Ada jenis pemrograman non-prosedural seperti pemrograman untuk kecerdasan buatan seperti bahasa Prolog. Delphi termasuk Keluarga Visual sekelas Visual Basic, Visual C, artinya perintah-perintah untuk membuat objek dapat dilakukan secara visual. Pemrograman tinggal memilih objek apa yang ingin dimasukkan kedalam Form/Window, lalu tingkah laku objek tersebut saat menerima event/aksi tinggal dibuat programnya. Delphi merupakan bahasa berorientasi objek, artinya nama objek, properti dan *methode/procedure* dikemas menjadi satu kemasan (*encapsulate*).

3. Metodologi Penelitian

Untuk mengembangkan dan membuat simulasi tentang proses kecepatan transmisi data pada teknik modulasi digital ini diperlukan langkah-langkah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Flowchart Tahapan Penelitian

Langkah-langkah :

Untuk tahapan penelitian pada simulator perbandingan data rate ini, dibutuhkan langkah-langkah sebagai berikut;

1. Studi Pustaka

Studi pustaka sendiri merupakan kegiatan mencari referensi dan data-data yang mungkin dibutuhkan dalam menunjang teori dasar pada setiap komponen atau metode yang ada di dalam penelitian ini. Studi pustaka dapat dicari melalui buku, majalah, atau e-book dan data digital yang bisa diperoleh dengan *browsing* di internet.

2. Perancangan Desain

Perancangan sistem kerja dari program yang akan dibuat. Pada tahap ini akan ditulis langkah-langkah kerja dari program yang akan dibuat. Serta tampilan program yang akan dibuat.

3. Pembuatan Script Program

Pada proses ini dilakukan perencanaa tampilan pada program Delphi 7 agar mudah dioperasikan sebagai simulator.

4. Simulasi Program

Setelah parameter-parameter yang mempengaruhi kedua modulasi tersebut, maka dilakukan simulasi untuk mendapatkan hasil. Jika simulasi tersebut berhasil maka selanjutnya akan dianalisis dan sebaliknya jika masih gagal, maka akan program tersebut akan dicek ulang.

5. Analisis

Analisis dilakukan jika simulasi dinyatakan sukses atau berhasil. Dari hasil tersebut maka didapat nilai atau suatu hasil yang nantinya akan dibuat suatu kesimpulan dalam menggambarkan simulasi yang telah dibuat.

6. Kesimpulan dan Saran

Proses terakhir dalam pembuatan program ini adalah penarikan kesimpulan yang telah didapat dari

simulasi. Kesimpulan merupakan inti dari penelitian yang dilakukan sehingga diharapkan terdapat manfaat yang diperoleh dari penelitian ini. Sedangkan saran merupakan harapan untuk memperbaiki penelitian ini.

3.2. Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah :

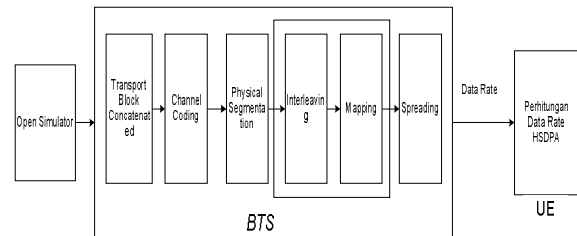
1. Parameter Modulasi QPSK
2. Parameter Modulasi 16QAM

3.2.2 Alat

1. Notebook HP
2. Software Delphi 7

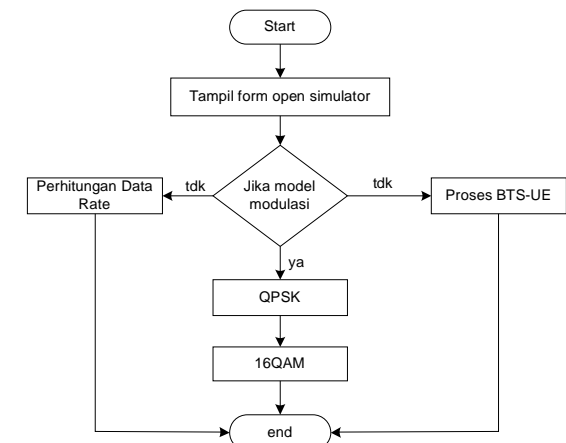
4. Perencanaan

4.1 Blok Diagram Sistem



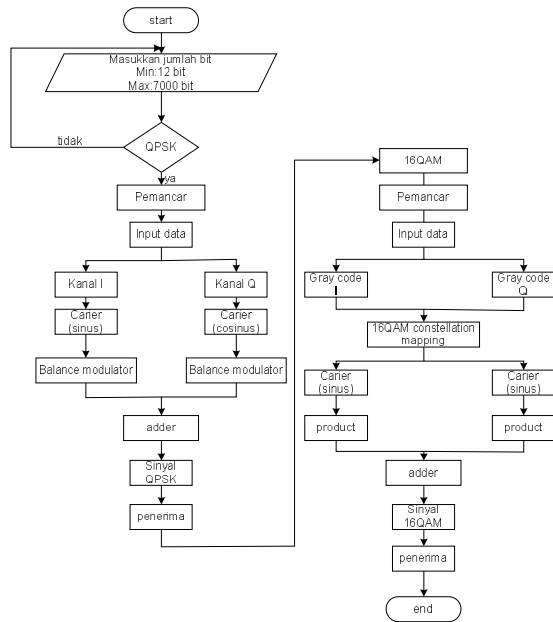
Gambar 4.1 Blok Diagram sistem

Blok diagram proses BTS-UE tersebut terdiri dari *open simulator*, *transport block concatenation*, *channel coding*, *physical segmentation*, *interleaving*, *mapping* serta *spreading*.



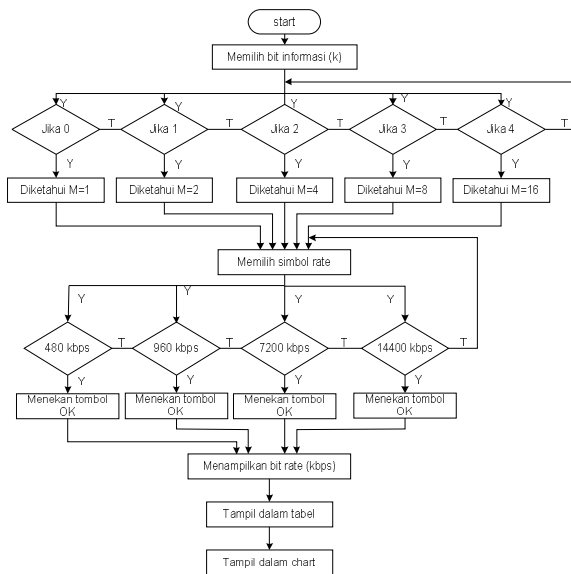
Gambar 4.2 flowchart perencanaan sub-sistem opening simulator

Opening simulator merupakan langkah awal agar simulator dapat dijalankan. Pada bagian ini terdiri dari model modulasi, proses BTS-UE dan perhitungan *data rate*.



Gambar 4.3 flowchart perencanaan model modulasi

Pada blok model modulasi ini digambarkan bentuk modulasi QPSK dan 16QAM yang terdapat pada modulator dan demodulator. Sehingga dapat dilihat perbedaan dari kedua modulasi tersebut.



Gambar 4.4 flowchart perencanaan perbandingan symbol rate dan bit rate.

Dengan menggunakan rumus 2.1, maka didapatkan nilai *bit rate* yang berbeda sesuai dengan bit informasi serta *symbol rate* yang digunakan. Pada program ini dimulai dari memasukkan bit informasi (k) berdasarkan modulasi yang digunakan. Kemudian menghitung nilai banyaknya bit yang dikirim dan memasukkan *symbol rate*. Setelah *symbol rate* maka *bit rate* dapat dihitung.

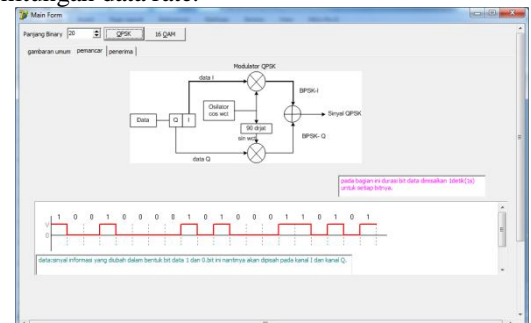
5. Pengujian dan Analisa

5.1 Opening Simulator



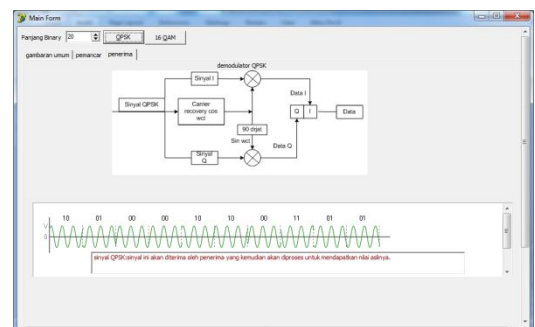
Gambar 5.1 Open Simulator saat di Run

Gambar diatas merupakan tampilan *opening simulator* saat di jalan kan. Untuk masuk pada simulator perbandingan data rate ini maka pengguna dapat memilih model modulasi, proses BTS-UE, dan perhitungan data rate.



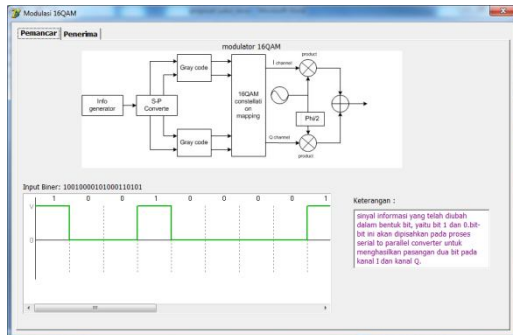
Gambar 5.2 Proses modulasi QPSK pada pemancar

Bit-bit informasi pada gambar diatas nantinya akan dipisah pada kanal I dan kanal Q. Bit urutan ganjil masuk pada kanal I dan bit urutan genap masuk pada kanal Q. Pada proses selanjutnya masing-masing bit pada kanal yang berbeda akan dikalikan dengan sinyal carrier. Hasil keluaran sinyal pada masing-masing kanal tersebut akan dijumlahkan dan menghasilkan sinyal QPSK.



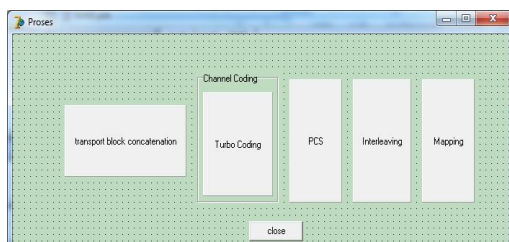
Gambar 5.3 Proses demodulasi QPSK pada penerima

Proses ini merupakan kebalikan dari proses modulasi QPSK. Dengan proses demodulasi ini penerima dapat mengetahui informasi awal seperti pada pemancar. Tahapan pada demodulasi ini antara lain membagi sinyal QPSK yang masuk ke penerima menjadi dua kanal, yaitu kanal I dan kanal Q. Sinyal pada masing-masing kanal akan dikalikan dengan sinyal carriernya dan didapatkan bit-bit biner yang kemudian disusun berurutan sehingga menghasilkan bit-bit biner seperti kondisi semula.



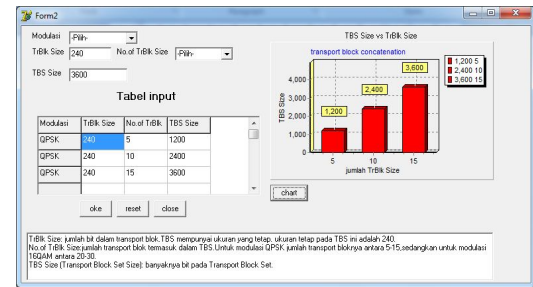
Gambar 5.4 Proses modulasi 16QAM

Proses yang terjadi pada modulasi ini memiliki tahapan yang hampir sama dengan modulasi QPSK. Namun yang membedakan adalah proses pemisahan data pada kanal I dan kanal Q yang dipisah setiap 2 bit. Selanjutnya melalui tahapan perkalian sinyal carrier pada masing-masing kanal dan menjumlahkannya sehingga didapat sinyal 16QAM. Setelah proses modulasi pada pemancar, maka pada penerima terdapat proses demodulasi seperti modulasi QPSK.



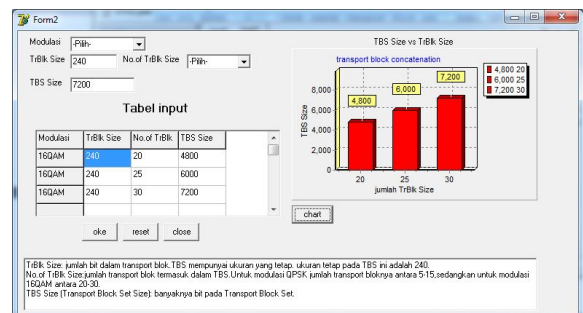
Gambar 5.5 Tampilan proses BTS-UE

Pada proses ini terdapat tahapan-tahapan diantaranya, *transport block concatenation*, *channel coding*, *physical channel segmentation*, *interleaving* dan *mapping*. Tahapan-tahapan ini saling berhubungan satu sama lain.



Gambar 5.6 Transport Block Concatenated-modulasi QPSK

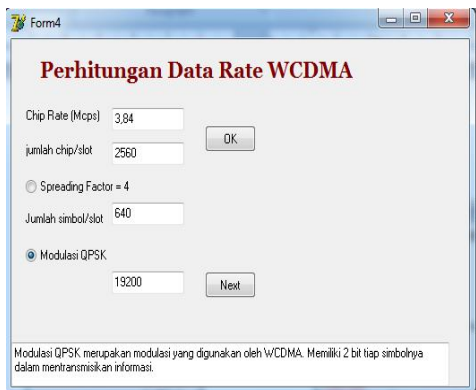
Dapat dilihat pada gambar, modulasi awal yang dipilih adalah modulasi QPSK. Jumlah TrBlk Size adalah 240 bit, dengan jumlah *transport block size* nya antara 5,10,15. Untuk jumlah *transport block size* 5, maka TBS Size nya adalah 1200, jumlah *transport block size* 10, maka TBS Size nya adalah 2400, jumlah *transport block size* 15, maka TBS Size-nya adalah 3600. Selain itu juga terdapat keterangan mengenai TrBlk size, dan jumlah TrBlk size, serta TBS size.



Gambar 5.7 Transport Block Concatenated-modulasi 16QAM

Sedangkan untuk modulasi 16QAM dan dengan jumlah TrBlk Size yang tetap maka didapat data sebagai berikut: Untuk jumlah *transport block size* 20, maka TBS Size nya adalah 4800, jumlah *transport block size* 25, maka TBS Size nya adalah 6000, jumlah *transport block size* 30, maka TBS Size nya adalah 7200.

Bagian yang terakhir yaitu perhitungan data rate berdasarkan pada kanal downlink yang digunakan oleh WCDMA dan HSDPA. Dengan menggunakan parameter-parameter seperti jenis modulasi yang digunakan, jumlah bit, jumlah bit/symbol, serta *spreading factor* yang digunakan pada WCDMA dan HSDPA. Modulasi yang digunakan adalah modulasi QPSK dan 16QAM. Berikut ini merupakan gambaran program perhitungan *data rate*.

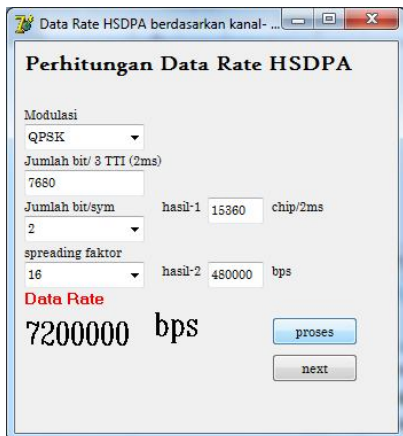


Gambar 5.8 Perhitungan data rate WCDMA

Perhitungan ini dipengaruhi oleh beberapa factor diantaranya yaitu, *chip rate*, jumlah *chip per slot*, *spreading factor*, jumlah simbol per slot dan modulasi yang digunakan.

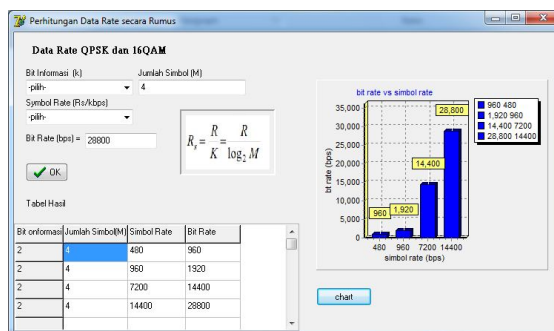
Diketahui *chip rate* pada WCDMA adalah 3,84 Mcps. Sehingga pada proses selanjutnya dapat diketahui jumlah chip/ slot. Berikut in merupakan perhitungan data rate pada WCDMA:

Chip rate = 3,84 Mcps
 Jumlah chip/slot = 38400/15
 = 2560
 Spreading Factor = 4
 Jumlah simbol/slot = 2560/4
 = 640 simbol
 Jumlah simbol untuk 15 slot = 640*15= 9600 simbol
 Modulasi QPSK 2bit/simbol= 9600ksps x 2bit= 1,92 Mbps



Gambar 5.9 Perhitungan Data Rate-Modulasi QPSK

Gambar diatas menjelaskan dengan menggunakan modulasi QPSK, jumlah bit tiap 2ms =7680 bit dan jumlah bit tiap simbol= 2bit dan *spreading factor*=16 maka akan dihasilkan nilai data rate HSDPA sebesar 7,2 Mbps.

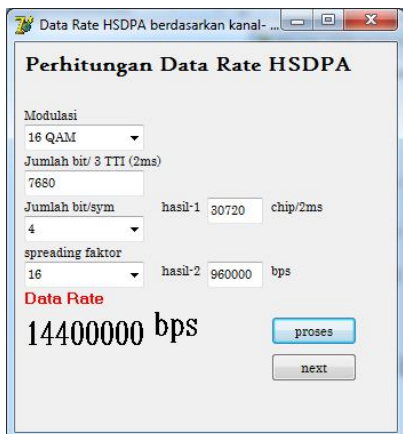


Gambar 5.10 Perhitungan data rate secara rumus-Modulasi QPSK

Gambar tersebut menjelaskan bit informasi (k) yang digunakan sebanyak 2bit dan menghasilkan jumlah simbol sebanyak 4, nilai tersebut merupakan nilai untuk modulasi QPSK . Pemilihan simbol rate 480 kbps akan menghasilkan bit rate 960 kbps sedangkan pemilihan simbol rate 960 kbps akan menghasilkan bit rate 1920 kbps dengan menggunakan rumus yang ada pada Bab 2. Berdasarkan data pada table maka perbandingan bit rate dengan simbol rate menggunakan bit informs (k)=2 akan tampak pada komponen chart Delphi 7. Sumbu x merupakan simbol rate (kbps) dan sumbu y adalah bit rate yang dihasilkan oleh pemilihan simbol rate.

1 TTI (Transmission Time Interval) = 2560 chip
 3 TTI (2ms) = 2560x3= 7680 chip.
 - Modulasi QPSK
 2bit/simbol= 7680 x 2chip/2ms
 = 15360 chip/2ms
 =(15360 chip/1000)/(2x16)
 = 480 kbps
 Total = 480 x 15= 7,2 Mbps

Perhitungan data rate dengan modulasi 16QAM tidak jauh berbeda dengan modulasi QPSK. Parameter yang digunakan sama dengan modulasi QPSK. seperti jenis modulasi yang digunakan, jumlah bit, jumlah bit/simbol, serta spreading factor yang digunakan pada HSDPA.

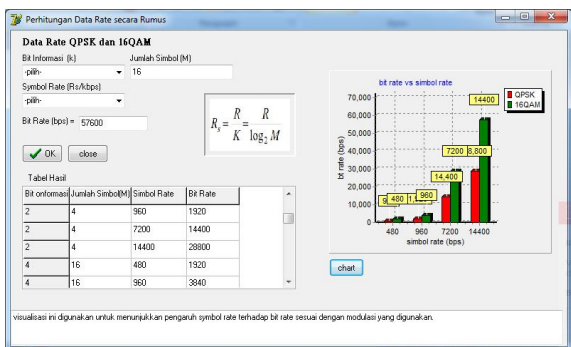


Gambar 5.11 Perhitungan Data Rate-Modulasi 16QAM

Untuk modulasi 16QAM memiliki perhitungan yang sama dengan modulasi QPSK. Beberapa faktor yang mempengaruhi dalam perhitungan ini antara lain modulasi 16QAM, jumlah bit tiap 2ms, jumlah bit tiap simbol, *spreading factor*. Dari factor-factor diatas maka didapatkan nilai data rate HSDPA sebesar 14,4 Mbps.

1 TTI (Transmission Time Interval) = 2560 chip
 3 TTI (2ms) = 2560x3= 7680 chip.

- Modulasi 16QAM
 4 bit/symbol = 7680 x 2chip/2
 = 15360 chip/2ms
 = (15360 chip/1000)/(2x16)
 = 960 kbps
- Total = 960 x 15= 14,4 Mbps



Gambar 5.12 Perhitungan data rate berdasarkan rumus-Modulasi 16QAM

Karena modulasi 16QAM memiliki 16 kemungkinan fasa yang berbeda dengan 4bit/symbolnya. Maka bit informasi yang digunakan adalah sebanyak 4bit dan menghasilkan jumlah simbol sebanyak 16. Berdasarkan parameter awal tersebut maka diilih simbol rate 480 kbps menghasilkan 1920 kbps. Kemudian simbol rate 960 kbps menghasilkan bit rate 3840 kbps. Hasil tersebut

dapat dilihat dalam bentuk diagram batang. Diagram tersebut menunjukkan hasil yang signifikan jika menggunakan simbol rate yang berbeda. Sumbu x menunjukkan nilai simbol rate yang dipilih, sedangkan sumbu y menunjukkan nilai bit rate. Berikut merupakan perhitungan data rate menggunakan modulasi QPSK pada kanal HSDPA.

6. Penutup

6.1 Kesimpulan

1. *Transport Block Concatenated* :
 - Jumlah transport block dipengaruhi oleh modulasi QPSK dan 16QAM.
 - Semakin banyak jumlah TrBlk Size maka bit yang dihasilkan pada TBS size akan semakin banyak.
2. *Channel Coding* : semakin tinggi nilai TBS size maka nilai turbo coding R=1/3 juga akan semakin tinggi.
3. Bit informasi minimal pada simulator ini adalah 12 bit dan maksimal 7000 bit. Semakin banyak jumlah bit yang diinputkan maka proses *loading* berjalan semakin lambat.
4. Dengan menggunakan rumus $R_s = \frac{R}{\log_2 M}$ maka didapat dua nilai yang berbeda. Untuk 2bit informasi yang memiliki simbol rate maka bit rate yang dihasilkan 2x lebih besar dari simbol rate. Sedangkan untuk 4bit informasi dihasilkan bit rate 4x lebih besar dari simbol ratenya.
5. Modulasi QPSK mampu menghasilkan *data rate* pada WCDMA dengan beberapa parameter yang dimiliki oleh WCDMA diantaranya jumlah bit, jumlah bit/symbol, serta *spreading factor*. Dengan menggunakan modulasi QPSK, *data rate* yang mampu dihasilkan adalah 2 Mbps.
6. Modulasi QPSK mampu menghasilkan *data rate* pada HSDPA dengan beberapa parameter diantaranya jenis modulasi yang digunakan, jumlah bit, jumlah bit/symbol, serta *spreading factor* yang digunakan pada HSDPA. Dengan menggunakan modulasi QPSK, *data rate* yang mampu dihasilkan adalah 7,2 Mbps.
7. Sedangkan untuk Modulasi 16QAM *data rate* nya adalah 14,4 Mbps. Hasil ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan modulasi 16QAM *data rate* yang dihasilkan mampu mencapai 2x lipat dari modulasi QPSK.

6.2 Saran

1. Diharapkan simulator ini tidak hanya digunakan untuk sistem HSDPA, tetapi

- juga untuk sistem lainnya agar mudah sebagai pemahaman dalam sistem yang dipelajari.
2. Diharapkan mampu untuk dikembangkan dari segi pemrograman untuk memperlengkap simulator ini.
 3. Diharapkan dapat dibuat pada pemrograman terbaru lainnya dengan menampilkan detail modulasi yang kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- Agilent Technologies. 2007. *Agilent Concepts of High Speed Downlink Packet Access: Bringing Increased Throughput and Efficiency to W-CDMA*. USA.
- Arisandy, Dienza. 2007. *Perancangan Rangkaian Modulator 16QAM untuk Aplikasi Modem Power Line Communication Menggunakan Komponen Logika*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Diktat Mata Kuliah Kimia Komputasi. Jurusan Kimia FMIPA. Unnes.
- Hidayat, Rahmat. *Evolusi Teknologi Wireless Seluler Menuju HSDPA*. Universitas Mercu Buana
- Kurniawan, Agha. 2008. *Kinerja Modulasi Digital Dengan Metode PSK (Phase Shift Keying)*. Universitas Diponegoro.Semarang
- Nurdin, Hasan Satriyo. 2008. *Pembuatan Software Simulasi Komunikasi Wireless OFDM*. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya-ITS.
- Sa'iyanti, Purwita Noviana. *Pembuatan Modul Praktikum Teknik Modulasi Digital FSK, BPSK dan QPSK dengan menggunakan Software Matlab*. Politeknik Elektroika Negeri Surabaya-ITS.
- Setyawan, Andy. 2005. *Analisis Kinerja Modulasi Adaptif Dengan Menggunakan Prediksi Kanal Pada Kanal Fading Rayleigh*. Sekolah Tinggi Teknologi Telkom.Bandung.
- Sumjudin, Bambang dan Budi Prasetya. *Sistem Komunikasi*. STT Telkom Bandung.
- Takano, 2006. *Information Transmission Method, Mobile Communication System, Base Station and Mobile Station in Which Data Size of Identification Reduced*. United States Patent.