

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

RANCANG BANGUN SOFTWARE OPTIMASI BISNIS  
WiMAX

TUGAS AKHIR

Oleh:

Nama : Edy Suseno

No. Mahasiswa : 04524013

Yogyakarta, November 2011

Menyetujui,

Pembimbing I



Tito Yuwono, ST, M.Sc

Pembimbing II



Dwi Ana Ratna Wati, ST, M.Eng.

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**  
**RANCANG BANGUN SOFTWARE OPTIMASI BISNIS**  
**WiMAX**  
**TUGAS AKHIR**

Oleh:  
Nama : Edy suseno  
No. Mahasiswa : 04524013

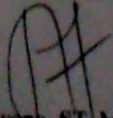
**Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat**  
**untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro**  
**Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia**  
Yogyakarta, November 2011

Ketua  
Tito Yuwono, ST, M.Sc.

Anggota I  
Wahyudi Budi Pramono, ST, M.Eng.

Anggota II  
Hendra Setiawan, ST, M.T.

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro  
Universitas Islam Indonesia

  
Tito Yuwono, ST, M.Sc.

## **Motto**

**Jangan pernah berhenti melangkah**

**Lakukanlah yang terbaik**

**Jadikanlah rasa sabar dan sholat sebagai penolongmu**

**Bersyukur atas nikmat dan karunia-Nya**



## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh,*

*Alhamdulillah* *rabbil'alam*, puji syukur kami panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala karunia-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sebagai salah satu persyaratan program S-1 Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia. Shalawat dan salam semoga tercurah pada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, dan pengikutnya yang setia hingga akhir zaman.

Merupakan suatu kelegaan ketika akhirnya kami dapat menyelesaikan bagian akhir dari amanah yang panjang ini dengan begitu banyak kemudahan dan kekuatan yang Allah berikan melalui banyak pihak dengan bantuan, dukungan dan do'a. Untuk itulah, saya sangat ingin menghaturkan Terimakasih kepada :

1. Bapak Tito Yuwono, ST, M.Sc dan Ibu Dwi Ana Ratna Wati, ST, M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Tito Yuwono, ST, M.Sc selaku ketua jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
3. Dekan fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

4. Ayah, Ibu dan adik-adiku yang tidak pernah lelah memberi dukungan serta do'a agar lekas terselesaikan Tugas Akhir ini karena telah lama tertunda ☺
5. Untuk teman-teman se Uii, se Jogja dan se Sumatra (Hanung terimakasih sudah bantu daftarin test toefl ☺, Didik terimakasih atas singgahannya, Galang, Aan, Puguh Asep, terimakasih atas pinjaman motornya ☺. Alvin, Pak Bino, Mas Bayu DH, Mas Joko, Kang Onno W.P, Pak Eka, dan para master BWA lainnya terimakasih telah mencurahkan ilmu dan kesabarannya semoga kelak bermanfaat, amin ☺)
6. Untuk Bapak kos, Ibu kos, Bapak angkringan (Pak Sabar), aa dan teteh burjo, warung lesehan, warung padang, warung tegal, warung lotek, Ibu laundry, mas jaga parkir dan masih banyak lagi saya ucapkan terimakasih sudah memberi ruang kehidupan bagi saya selama di Jogja ☺.

Saya menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini memiliki banyak kekurangan dan masih sangat jauh dari idealisme seorang peneliti maupun karya ilmiah. Untuk itulah saya meminta maaf yang setulus-tulusnya dan mohon kritikan serta saran atas kekurangan ini.

Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memberi manfaat bagi para pembacanya.

*Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Yogyakarta, November 2011

Edy Suseno

## ABSTRAK

Rancang bangun software optimasi bisnis WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) adalah membangun perangkat lunak simulasi bisnis WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) dengan menggunakan Borland Delphi 7. Perangkat lunak tersebut merupakan media / alat yang digunakan untuk mensimulasikan perancangan bisnis WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) secara keseluruhan. Dengan melakukan perhitungan faktor teknis dan *non* teknis perangkat lunak tersebut dapat memberikan gambaran perancangan bisnis dengan menampilkan perkembangan pendapatan bisnis WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) pertahun dalam periode waktu tertentu. Grafik tersebut adalah penentu layak atau tidaknya bisnis WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) tersebut dijalankan pada wilayah yang telah dipilih.

Kata kunci : Bisnis teknologi layanan WiMAX



## DAFTAR ISI

|  |      |
|--|------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b>   |      |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING</b> .....                        | ii   |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI</b> .....                           | iii  |
| <b>MOTTO</b> .....   | iv   |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                                      | v    |
| <b>ABSTRAK</b> .....   | vii  |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....  | viii |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....  | xi   |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                                       | xii  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>   |      |
| 1.1 Latar Belakang Masalah .....                                 | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah .....  | 2    |
| 1.3 Batasan Masalah.....   | 3    |
| 1.4 Tujuan Penulisan .....                                       | 3    |
| 1.5 Sistematika Penulisan .....                                  | 3    |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>                                   |      |
| 2.1 <i>Worldwide interoperability for Microwave Access</i> ..... | 5    |
| 2.2 Peluang bisnis WiMAX .....                                   | 7    |
| 2.3 Rancang Bangun Software Optimasi Bisnis WiMAX.....           | 7    |
| 2.4 Borland Delphi 7 .....                                       | 8    |
| 2.4.1 IDE ( <i>Integrated Development Environment</i> ).....     | 8    |
| 2.4.2 <i>Menu Bar</i> .....                                      | 9    |
| 2.4.3 <i>Tool Bar</i> .....                                      | 9    |
| 2.4.4 <i>Component Palatte</i> .....                             | 10   |
| 2.4.5 <i>Form</i> .....  | 10   |
| 2.4.6 <i>Object Inspector</i> .....                              | 11   |
| 2.4.7 <i>Object Tree View</i> .....                              | 12   |

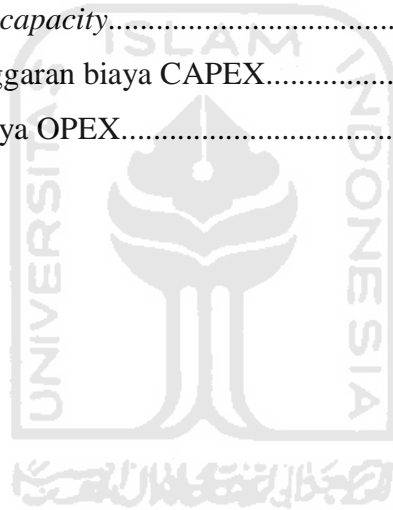
|                |  |    |
|----------------|--|----|
| 2.4.8          | <i>Code Editor</i> .....                             | 13 |
| 2.5            | Teknologi WiMAX.....                                 | 14 |
| 2.5.1          | Standar WiMAX.....                                   | 15 |
| 2.5.2          | Spektrum Frekuensi WiMAX .....                       | 16 |
| 2.5.3          | Konfigurasi WiMAX .....                              | 18 |
| 2.5.3.1        | <i>Topologi Jaringan WiMAX</i> .....                 | 20 |
| 2.5.3.2        | Elemen Perangkat WiMAX .....                         | 23 |
| 2.5.3.3        | <i>Non-Line of Sight</i> .....                       | 25 |
| 2.5.4          | Aplikasi WiMAX .....                                 | 27 |
| 2.5.5          | <i>Quality of Service</i> .....                      | 31 |
| <b>BAB III</b> | <b>PERANCANGAN</b>                                   |    |
| 3.1            | Perancangan sistem.....                              | 33 |
| 3.2            | Perancangan bisnis WiMAX.....                        | 35 |
| 3.3            | Aspek teknis .....                                   | 36 |
| 3.3.1          | parameter OFDM.....                                  | 36 |
| 3.3.2          | Karakteristik WiMAX .....                            | 38 |
| 3.3.3          | <i>Propagasi</i> .....                               | 39 |
| 3.3.4          | <i>Path loss model</i> .....                         | 41 |
| 3.3.5          | <i>Modulasi bit rate coverage</i> .....              | 42 |
| 3.3.6          | Kalkulasi <i>Bandwidth CPE</i> .....                 | 45 |
| 3.3.7          | <i>Equipment capacity</i> .....                      | 46 |
| 3.4            | Aspek <i>non</i> teknis .....                        | 50 |
| 3.4.1          | <i>CAPEX</i> .....                                   | 50 |
| 3.4.2          | <i>OPEX</i> .....                                    | 51 |
| 3.5            | Simulasi bisnis WiMAX .....                          | 52 |
| 3.6            | Perancangan perangkat lunak.....                     | 54 |
| 3.6.1          | IDE ( <i>Intergate Development Enviroment</i> )..... | 54 |
| 3.6.2          | <i>Object inspector</i> .....                        | 55 |
| 3.6.3          | <i>Object tree view</i> .....                        | 55 |
| 3.6.4          | <i>Code editor</i> .....                             | 56 |



|               |  |    |
|---------------|--|----|
| <b>BAB IV</b> | <b>PENGUJIAN DAN ANALISIS KINERJA SISTEM</b> |    |
| 4.1           | Pengujian sistem.....                        | 58 |
| 4.1.1         | Pengujian aspek teknis.....                  | 58 |
| 4.1.1.1       | OFDM.....                                    | 58 |
| 4.1.1.2       | Karakteristik WiMAX.....                     | 60 |
| 4.1.1.3       | <i>Propagasi</i> .....                       | 61 |
| 4.1.1.4       | <i>Paht loss</i> .....                       | 63 |
| 4.1.1.5       | <i>Modulasi bit rate coverage</i> .....      | 65 |
| 4.1.1.6       | <i>Bandwidth CPE</i> .....                   | 67 |
| 4.1.1.7       | <i>Equipment capacity</i> .....              | 70 |
| 4.1.2         | Pengujian aspek <i>non</i> teknis.....       | 73 |
| 4.1.2.1       | <i>CAPEX</i> .....                           | 73 |
| 4.1.2.2       | <i>OPEX</i> .....                            | 73 |
| 4.2           | Simulas bisnis WiMAX.....                    | 74 |
| 4.2.1         | Grafik modal.....                            | 75 |
| 4.2.2         | Grafik pendapatan bersih.....                | 75 |
| 4.2.3         | Grafik pendapatan kotor.....                 | 75 |
| <b>BAB V</b>  | <b>PENUTUP</b>                               |    |
| 5.1           | Kesimpulan.....                              | 76 |
| 5.2           | Saran.....                                   | 77 |

## DAFTAR TABEL

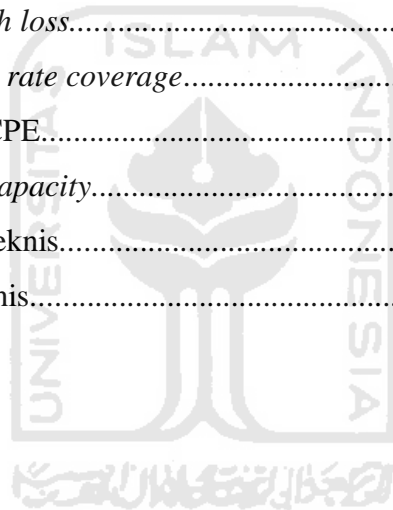
|            |   |    |
|------------|---|----|
| Tabel 3.2  | Parameter OFDM.....                     | 37 |
| Tabel 3.2  | Karakteristik WiMAX.....                | 38 |
| Tabel 3.3  | Parameter propagasi.....                | 40 |
| Tabel 3.4  | Parameter propagasi.....                | 41 |
| Tabel 3.5  | <i>Type terrain</i> .....               | 42 |
| Tabel 3.6. | <i>Modulasi bit rate coverage</i> ..... | 45 |
| Tabel 3.7  | Kalkulasi <i>bandwidth</i> CPE.....     | 47 |
| Tabel 3.8  | Kalkulasi <i>bandwidth</i> CPE.....     | 48 |
| Tabel 3.9  | <i>Equipment capacity</i> .....         | 49 |
| Tabel 3.10 | Asumsi anggaran biaya CAPEX.....        | 51 |
| Tabel 3.11 | Rincian biaya OPEX.....                 | 51 |



## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1 IDE ( <i>Integrated Development Environment</i> )..... | 9  |
| Gambar 2.2 <i>Menu bar</i> .....                                  | 9  |
| Gambar 2.3 <i>Tool gambar</i> .....                               | 9  |
| Gambar 2.4 <i>Component palette</i> .....                         | 10 |
| Gambar 2.5 <i>Form</i> .....                                      | 11 |
| Gambar 2.6 <i>Object inspector</i> .....                          | 12 |
| Gambar 2.7 <i>Object tree view</i> .....                          | 12 |
| Gambar 2.8 <i>Code Editor</i> .....                               | 14 |
| Gambar 2.9 Alokasi frekuensi WiMAX Global.....                    | 19 |
| Gambar 2.10 Konfigurasi WiMAX.....                                | 19 |
| Gambar 2.11 <i>Topologi point to point</i> .....                  | 21 |
| Gambar 2.12 <i>Topologi point to multipoint</i> .....             | 22 |
| Gambar 2.13 <i>Topologi pengembangan</i> .....                    | 22 |
| Gambar 2.14 Antena.....   | 23 |
| Gambar 2.15 Tipe antena <i>omni directional</i> .....             | 24 |
| Gambar 2.16 Tipe antena <i>sektoral</i> .....                     | 25 |
| Gambar 2.17 <i>Fresnel zone</i> .....                             | 26 |
| Gambar 2.18 LOS.....  | 26 |
| Gambar 2.19 N-LOS.....  | 27 |
| Gambar 2.20 WiMAX sebagai <i>backhaul</i> WiMAX.....              | 28 |
| Gambar 2.21 WiMAX sebagai <i>backhaul HotSpot</i> .....           | 28 |
| Gambar 2.22 WiMAX sebagai teknologi lain.....                     | 29 |
| Gambar 2.23 Aplikasi WiMAX untuk akses <i>broadband</i> .....     | 29 |
| Gambar 2.24 WiMAX untuk <i>personal broadband</i> .....           | 30 |
| Gambar 2.25 WiMAX untuk <i>personal mobile</i> .....              | 30 |
| Gambar 3.1 Perancangan perangkat lunak simulasi bisnis WiMAX..... | 33 |
| Gambar 3.2 Alur perhitungan.....                                  | 33 |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 3.3  | <i>Flowchart</i> perancangan bisnis WiMAX..... | 35 |
| Gambar 3.4  | Modulasi WiMAX.....                            | 43 |
| Gambar 3.5  | <i>Integrated Development Environmen</i> ..... | 54 |
| Gambar 3.6  | <i>Object Inspector</i> .....                  | 55 |
| Gambar 3.7  | <i>Object Tree View</i> .....                  | 56 |
| Gambar 3.8  | Code Editor.....                               | 57 |
| Gambar 4.1  | Simulasi OFDM.....                             | 60 |
| Gambar 4.2  | Karakteristik WiMAX.....                       | 60 |
| Gambar 4.3. | Simulasi propagasi.....                        | 64 |
| Gambar 4.4  | Simulasi <i>path loss</i> .....                | 65 |
| Gambar 4.5  | Modulasi <i>bit rate coverage</i> .....        | 66 |
| Gambar 4.6  | <i>Bandwidth CPE</i> .....                     | 70 |
| Gambar 4.7  | <i>Equipment capacity</i> .....                | 72 |
| Gambar 4.8  | Faktor <i>non</i> teknis.....                  | 74 |
| Gambar 4.9  | Simulasi bisnis.....                           | 74 |



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar belakang

BWA (*Broadband Wireless Access*) adalah teknologi *wireless* yang mampu memberikan layanan data kecepatan tinggi dengan *bandwidth* tertentu, dalam perkembangannya, BWA (*Broadband Wireless Access*) terdiri dari beberapa varian teknologi yang masing-masing bersifat *proprietary*. Dalam mengakselerasi penetrasi BWA (*Broadband Wireless Access*) untuk mendukung layanan berbasis *broadband* yang semakin variatif, perkembangan BWA (*Broadband Wireless Access*) bermuara pada satu standar yang menjamin *interoperability* sistem BWA (*Broadband Wireless Access*). Standar ini dikenal sebagai WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*).

Melihat kemampuan yang dimiliki teknologi WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) tentunya akan menjadi daya tarik tersendiri bagi penyelenggara bisnis BWA (*Broadband Wireless Access*) dikarenakan teknologi WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) adalah evolusi teknologi terdahulunya, Wi-Fi (*Wireless Fidelity*).

Rancang bangun software optimasi bisnis WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) adalah membangun perangkat lunak dengan menggunakan Borland Delphi 7. Perangkat lunak simulasi Bisnis WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) merupakan media / alat untuk memberi gambaran perancangan dan perkembangan bisnis WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) secara keseluruhan, dimana dalam perancangan bisnis WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) perangkat lunak tersebut meliputi tahapan perhitungan teknis dan perhitungan *non* teknis sebagai penentu modal awal.

Hasil akhir perhitungan perancangan bisnis WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) dengan menggunakan media /alat perancangan perangkat lunak tersebut adalah menampilkan grafik perkembangan keuntungan dari modal yang telah ditentukan. Grafik tersebut juga dapat digunakan sebagai penentu layak atau tidaknya bisnis WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) dijalankan pada wilayah yang akan dicakup.

## **1.2 Rumusan masalah**

Membangun perangkat lunak simulasi bisnis WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) dengan menggunakan Borland Delphi 7 dimana perangkat lunak tersebut digunakan sebagai media / alat untuk merancang bisnis WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*).

### **1.3 Batasan masalah**

- Membangun bisnis WiMAX dengan menggunakan model tekno ekonomi
- Membangun perangkat lunak simulasi bisnis WiMAX dengan menggunakan Borland Delphi 7.

### **1.4 Tujuan penelitian**

Mengenalkan teknologi WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) yang masih tergolong teknologi baru dan bagaimana membangun sebuah bisnis WIMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) yang diterapkan pada perangkat lunak untuk disimulasikan.

### **1.5 Sistematika penulisan**

#### **BAB.I. PENDAHULUAN**

Bab pendahuluan berisi tentang Latar Belakang Masalah, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Penulisan, Tujuan Penelitian, dan Sistematika Penulisan.

#### **BAB.II. TINJAUAN PUSTAKA**

Bagian ini terdiri dari landasan teori tentang teknologi WiMAX dan teori perancangan perangkat lunak simulasi bisnis WiMAX dengan menggunakan Borland Delphi 7.

#### **BAB.III. PERANCANGAN SISTEM**

Pada bagian ini terdiri dari perancangan perangkat lunak simulasi bisnis WiMAX, terdiri dari tahapan perancangan bisnis WiMAX dan perancangan perangkat lunak simulasi bisnis WiMAX.

## BAB.IV. PENGUJIAN, ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berisi penjelasan tentang pengujian perangkat lunak sebagai pembanding perhitungan digunakan perhitungan manual.

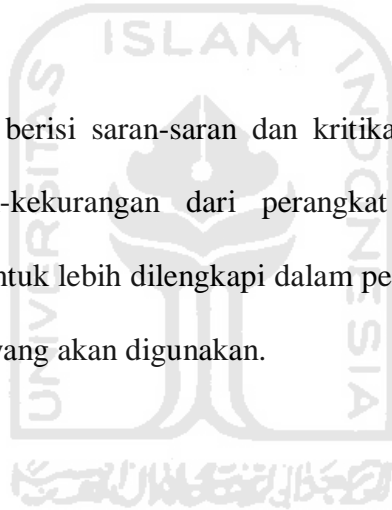
## BAB.V. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

Kesimpulan terdiri dari pemanfaatan perangkat lunak simulasi bisnis WiMAX Indonesia, karena Indonesia merupakan wilayah yang sangat potensial untuk digelarnya bisnis teknologi WiMAX.

### 4.2 Saran

Bagian ini berisi saran-saran dan kritikan yang terdiri dari agar kekurangan-kekurangan dari perangkat lunak simulasi bisnis WIMAX untuk lebih dilengkapi dalam pengumpulan data-data dan parameter yang akan digunakan.





## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*)

BWA (*Broadband Wireless Access*) adalah teknologi *wireless* yang mampu memberikan layanan data kecepatan tinggi dengan *bandwidth* tertentu, dalam perkembangannya, BWA (*Broadband Wireless Access*) terdiri dari beberapa varian teknologi yang masing-masing bersifat *proprietary*. Dalam mengakselerasi penetrasi BWA (*Broadband Wireless Access*) untuk mendukung layanan berbasis *broadband* yang semakin variatif, perkembangan BWA (*Broadband Wireless Access*) bermuara pada satu standar yang menjamin *interoperability* sistem BWA (*Broadband Wireless Access*). Standar ini dikenal sebagai WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*).

Standar WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) terdiri dari beberapa tahap. Tahap pertama disebut Pre-WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) yang diberi standar oleh IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) 802.16a merupakan sistem telekomunikasi *wireless* yang bersifat *fixed*. Tahap kedua WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) IEEE 802.16d / IEEE 802.16 – 2004 memungkinkan

komunikasi dilakukan secara *fixed* dan *nomadic*. *Nomadic* adalah komunikasi yang dapat dilakukan berpindah tempat dari satu lokasi ke lokasi lainnya.

Stadar BWA (*Broaband Wireless Access*) saat ini yang umum digunakan adalah standar yang dikeluarkan oleh IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) seperti IEEE 802.15 untuk PAN (*Personal Area Network*), IEEE 802.11 untuk Wi-Fi (*Wireless Fidelity*), dan 802.16 untuk WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*). Masing-masing standar tersebut terus dikembangkan dengan varian-varian yang memiliki keunggulan pada penggunaan dan kondisi tertentu. IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) juga sedang merancang standar IEEE 802.20e untuk *Wireless Mobile* yang diharapkan mampu mengalirkan data dengan kecepatan hingga 250 Km/jam (berpindah tempat dengan kecepatan pindah mencapai 250 Km/jam.) dan radius jangkau dirancang mencapai 15 Km dan lebih serta melewatakan data dengan kecepatan 1 Mbps. Standar ini disebut-sebut sebagai pesaing 3G (generasi ke-3) sistem seluler.

Bila teknologi sebelumnya masih bersifat *proprietary* maka pada WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) sudah bersifat *open stadard* layaknya CDMA (*Code division multiple access*) dan *Wireless LAN* 802.11.

## 2.2 Peluang bisnis WiMAX di Indonesia

MAN (*Metropolitan Area Network*) yang dirancang dengan standar WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) memiliki konfigurasi dengan jaringan seluler, dimana sebuah *base station* difungsikan sebagai PMP (*Point to Multi Point*) untuk mentransmisikan dalam radius tertentu.

Teknologi WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) secara umum dapat menjangkau pengguna *urban*, *suburban*, dan *rural* dalam area cakupan yang luas dan juga sangat bermanfaat digunakan sebagai *backhaul* area *Hotspot* Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) maupun untuk *backhaul* WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) itu sendiri. Implementasi WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) yang mudah dengan fleksibilitas yang tinggi menjadikan teknologi WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) sangat cocok untuk diadopsi di negara dengan kawasan yang luas dan bervariasi seperti Indonesia.

## 2.3 Rancangan Bangun Software Optimasi Bisnis WiMAX

Adalah membangun perangkat lunak sebagai alat untuk mensimulasikan bisnis WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) sebagai alat/perangkat lunak yang akan dibangun dengan menggunakan Borland Delphi 7 untuk mensimulasikan bisnis WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) yang akan diterapkan pada daerah-daerah tertentu sebelum

calon operator atau operator menggelar bisnis WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) pada daerah tersebut.

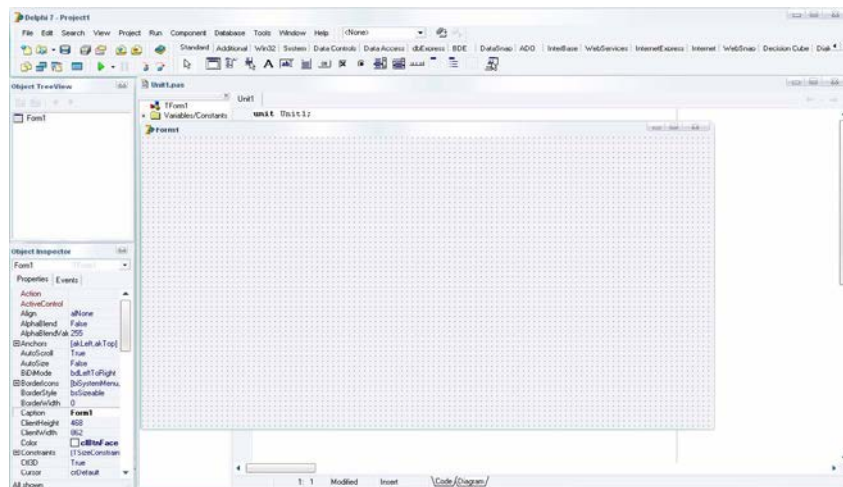
## **2.4 Borland Delphi 7**

Delphi adalah sebuah bahasa pemrograman dan lingkungan pengembangan perangkat lunak. Produk ini dikembangkan oleh Borland. Dengan menggunakan *free pascal* yang merupakan proyek *opensource* bahasa ini dapat digunakan untuk membuat program yang berjalan pada sistem operasi Mac OS dan Windows. Keunggulan bahasa pemrograman ini terletak pada produktivitas, kualitas pengembangan perangkat lunak, kecepatan kompilasi, pola desain yang menarik serta diperkuat dengan pemrogramannya yang terstruktur (*Madcoms*, 2001 : 1)

Pemrograman *visual* dengan menggunakan Borland Delphi 7 adalah membangun sebuah perangkat lunak simulasi bisnis WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) yang *user friendly* dan interaktif dengan *end user*.

### **2.4.1 IDE (*Integrated Development Environment*)**

Lingkungan pengembangan terpadu atau IDE (*Integrated Development Environment*) adalah bagian dari Delphi yang digunakan untuk memungkinkan pemrograman secara visual merancang tampilan untuk para *user* (antarmuka pemakai) dan menuliskan *listing* program atau kode.



Gambar 2.1 *Integrated Development Environmen*

### 2.4.2 Menu bar

Berfungsi untuk memilih tugas-tugas tertentu, seperti memulai, membuka, dan menyimpan *project*, mengompilasi project menjadi file EXE. (*executable*), dan lain-lain.



Gambar 2.2 *Menu bar*

### 2.4.3 Tool bar

Memiliki fungsi yang sama seperti *menu bar*, tetapi berfungsi seperti jalan pintas karena lebih praktis dalam penggunaannya.



Gambar 2.3 *Tool bar.*

#### 2.4.4 Component Palette

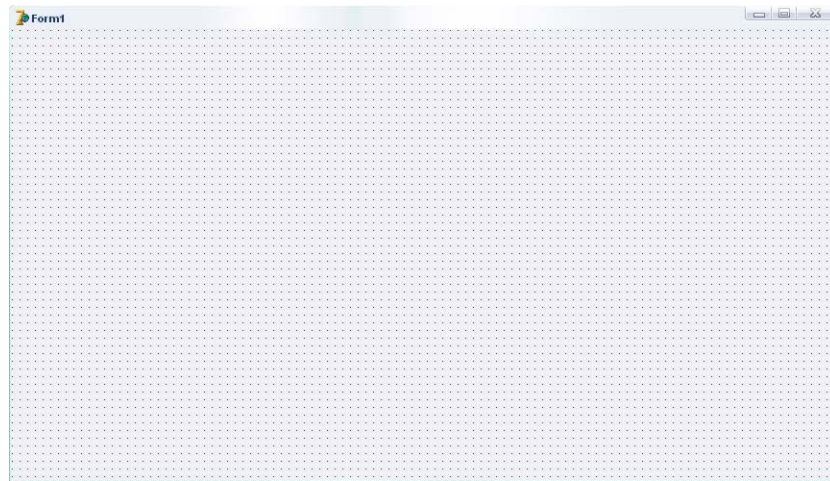
*Component Palette* berisi kumpulan ikon yang melambangkan komponen-komponen yang terdapat pada VCL (*Visual Component Library*). Pada *Component Palette*, akan ditemukan beberapa *page control*, seperti *Standard*, *Additional*, *Win32*, *System*, *Data Access* dan lain-lain. Ikon tombol *pointer* terdapat di setiap *page control*,



Gambar 2.4 *Component Palette*.

#### 2.4.5 Form

*Form Designer* merupakan suatu objek yang dapat dipakai sebagai tempat untuk merancang program aplikasi. *Form* berbentuk sebuah meja kerja yang dapat diisi dengan komponen-komponen yang diambil dari *Component Palette*.

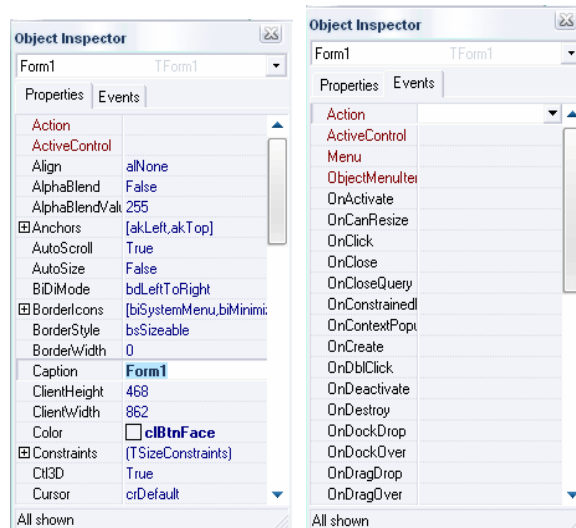


Gambar 2.5 *Form*

#### 2.4.6 **Object Inspector**

*Object Inspector* digunakan untuk mengubah properti dan karakteristik dari sebuah komponen. *Object Inspector* terdiri dari dua tab, yaitu *Properties* dan *Events*. Tab *Properties* digunakan untuk mengubah *properti* komponen. *Propertis* dengan tanda “ + “ menunjukkan bahwa propeti tersebut mempunyai *subproperti*.

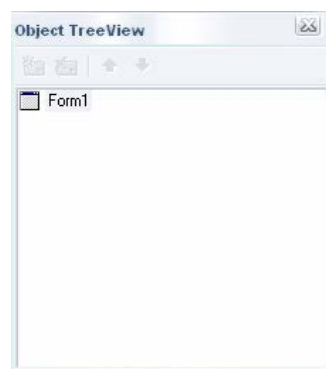
Tab *Events*, bagian yang dapat diisi dengan kode program tertentu yang berfungsi unuk menangani kejadian-kejadian yang berupa sebuah *procedure* yang dapat direspon oleh sebuah komponen.



Gambar 2.6 *Object Inspector*

#### 2.4.7 Object Tree View

*Object Tree View* menampilkan diagram pohon dari komponen-komponen yang bersifat visual maupun nonvisual yang telah terdapat dalam *form*, *data module*, atau *frame*. *Object Tree View* juga menampilkan hubungan logika antar komponen.



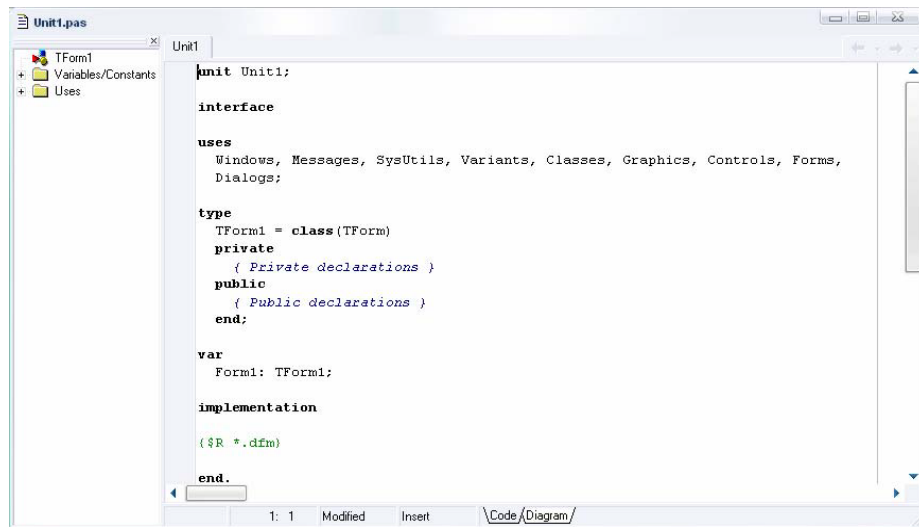
Gambar 2.7 *Object Tree View*



#### 2.4.8 Code Editor

*Code Editor* merupakan tempat menuliskan kode program atau pernyataan-pernyataan dalam *Object Pascal*. *Code Editor* dilengkapi dengan fasilitas *highlight* yang memudahkan pemakai menemukan kesalahan *title bar* yang terletak pada bagian atas jendela *code editor* menunjukkan nama *file* yang sedang disunting, serta pada bagian informasi yang perlu untuk diperhatikan, yaitu

- a. Nomor baris / kolom yang terletak pada bagian paling kiri. Bagian ini berfungsi untuk menunjukkan posisi *cursor* di dalam jendela *Code Editor*.
- b. *Modified* menunjukkan bahwa *file* yang sedang disunting telah mengalami perubahan tersebut belum disimpan. Teks ini akan hilang jika telah menyimpan perubahan.
- c. *Insert/Overwrite* yang terletak pada bagian paling kanan menunjukkan bahwa modus pengetikan teks dalam jendela *Code Editor*. *Insert* menunjukkan bahwa modus penyisipan teks dalam keadaan aktif, sedangkan *Overwrite* menunjukkan bahwa modus penimpaan teks dalam keadaan aktif.



Gambar 2.8 Code Editor.

## 2.5 Teknologi WiMAX

WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan standar dan implementasi yang mampu beroperasi berdasarkan jaringan *wireless* IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) 802.16, seperti Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) yang beroperasi berdasarkan standar IEEE 802.11. Namun, dalam penerapannya WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) sangat berbeda dengan Wi-Fi (*Wireless Fidelity*). WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) memiliki kecepatan data hingga 70 MBps dan *radius* 50 Km dan WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) dapat diaplikasikan untuk koneksi *broadband* 'last mile', ataupun *backhaul*.

Selain itu WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) adalah *evolusi* dari teknologi BWA (*Broadband Wireless Access*) sebelumnya. Apabila teknologi sebelumnya masih bersifat *proprietary*, maka teknologi WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) bersifat *open standar*. Dalam arti komunikasi perangkat WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) diantara beberapa vendor tetap dapat dilakukan.

### 2.5.1 Standar WiMAX

IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineering*) mendefinisikan teknologi WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) melalui standar 802.16 namun dalam perkembangannya standar ini berkembang lagi menjadi beberapa varian.

a. Standar 802.16

Standar ini mengatur pemanfaatan band frekuensi 10 - 66 GHz. Aplikasi yang mampu didukung baru sebatas dalam kondisi *line of sight*.

b. Standar 802.16a

Dengan menggunakan frekuensi 2 - 11 GHz dapat digunakan untuk lingkungan *non – line of sight*.

c. Standar 802.16d

Merupakan standar yang berbasis 802.16 dan 802.16a dan 802.16d juga dikenal sebagai 802.16 - 2004. Frekuensi yang digunakan pada 11 GHz.

d. Standar 802.16e

Standar ini memenuhi kapabilitas untuk aplikasi *portability* dan *mobility*. Standar ini berbeda dengan standar sebelumnya antara standar 802.16d dan 802.16e tidak bisa dilakukan *interoperability* sehingga diperlukan perangkat *hardware* tambahan.

### 2.5.2 Spektrum frekuensi WiMAX

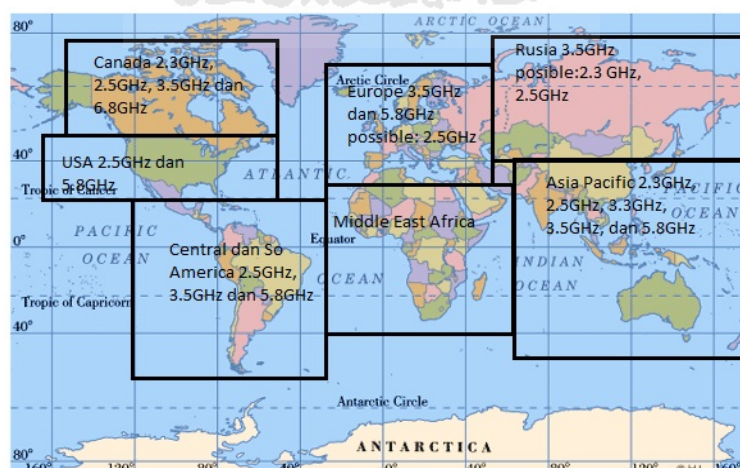
Sebagai teknologi yang berbasis pada frekuensi maka kesuksesan WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) sangat tergantung pada ketersediaan dan kesesuaian *spektrum frekuensi*. Sistem *wireless* mengenal 2 jenis *band frekuensi* yaitu *licensed band* dan *unlicensed band*. *Licensed band* membutuhkan lisensi atau otoritas dari regulator sehingga operator atau calon operator memiliki hak eksklusif untuk menyelenggarakan layanan dalam suatu area tertentu. Sementara *unlicensed band* yang tidak membutuhkan lisensi dalam penggunaannya memungkinkan setiap orang menggunakan frekuensi secara bebas disemua area.

*Licensed frequency* yang dikembangkan untuk WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) pada tahap awal berada pada 2.5 GHz (2.500 – 2.600 GHz dan 2.700 – 2.900 GHz) dan 3.5 GHz (3.400 – 3.600 GHz). Khusus di Amerika Serikat, frekuensi 2.5 GHz telah digunakan untuk layanan MMDS (*Multichannel Multipoint Distribution Service*) dan belum dikembangkan untuk WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) sedangkan

frekuensi 3.5 GHz pada banyak negara berstatus *secondary* karena bentrok dengan spektrum frekuensi untuk komunikasi satelit *Extended C-band* (3.400 – 3.700 GHz). Pengembangan tahap berikutnya direncanakan pada spektrum frekuensi 2.305 – 2.320 GHz 2.345 – 2.360 GHz dan 3.300 – 3.400 GHz.

*Unlicensed frequency*, pada tahap awal dikembangkan spektrum 5,8 GHz, yaitu pada *band* frekuensi 5.725 – 5.850 GHz. *Band* ini merupakan bagian atas (*upper*) dari U-NII / ISIM. Sedangkan pengembangan berikutnya direncanakan menggunakan *band* frekuensi yang juga digunakan untuk Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) standar 802.11 b/g GHz dan standar 802.11a di 5,8 GHz.

Alokasi frekuensi WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) secara *global* akan di implentasikan pada pita frekuensi 2.3 GHz, 2.5 GHz, 3.3 GHz, 3.5 GHz, 5.8 GHz dan 10.5 GHz. alokasi frekuensi tersebut dibagi atas regional-regional Negara.



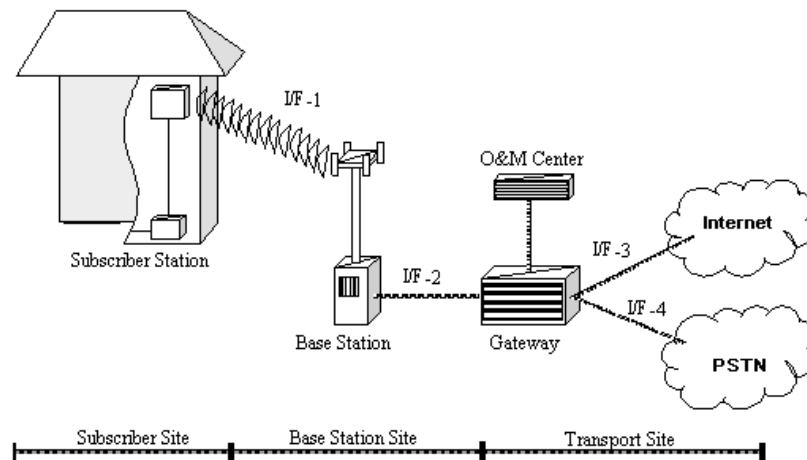
Gambar.2.9. Alokasi frekuensi WiMAX Global.

Untuk Indonesia masuk dalam *zona* Asia Pacific, alokasi frekuensi untuk WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) dialokasikan pada frekuensi 2.3 GHz, 2.5 GHz, 3.3 GHz, 3.5 GHz dan 5.8GHz. frekuensi ini nantinya menjadi pilihan penyelenggaraan bisnis WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) dalam perangkat lunak tersebut. WiMAX forum menetapkan WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) menjadi dua band:

- a. Frekuensi utama pada profil sertifikasi untuk fixed WiMAX (band 3.5 GHz dan 5.8 GHz)
- b. Mobile WiMAX ditetapkan 4 band frekuensi pada sistem profil , yaitu band 2.3 GHz, 2.5 GHz, 3.3 GHz, dan 3.5 GHz.

### **2.5.3 Konfigurasi WiMAX**

Konfigurasi jaringan WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) terdiri dari *Base Station*, *Subscriber Station* dan *transport site*. *Base Station* biasanya diletakan pada satu lokasi dengan jaringan operator (jaringan IP / internet atau jaringan TDM / PSTN). Sedangkan *Subscriber Station* terdapat di pelanggan berupa *fixed*, *portable* maupun *mobile*.



Gambar 2.10 Konfigurasi WiMAX

Dalam gambar 1 ini digambarkan bahwa konfigurasi WiMAX terdiri dari:

- a. Transport site bagian ini terdiri dari IP / PSTN. Bagian ini berfungsi untuk menghubungkan base station dengan internet
- b. *Base Station* merupakan perangkat *transceiver* yang berhubungan dari atau ke pelanggan. *Base Station* terdiri dari satu atau lebih radio *transceiver*, dimana setiap radio *transceiver* terhubung ke beberapa CPE didalam area sektorisasi. Radio modem terhubung dengan *multiplexer* , contohnya adalah *switch*, dimana pada *switch* terjadi pengumpulan trafik dari berbagai sektor dan meneruskan trafik tersebut ke *router* yang menyediakan koneksi ke jaringan ISP.
- c. *Subscriber Station* atau CPE merupakan perangkat yang berada di pelanggan dan terdiri dari tiga bagian utama yaitu : modem, radio dan antenna. Modem merupakan antarmuka antara jaringan pelanggan dan *broadband access network*. Sedangkan radio merupakan antarmuka

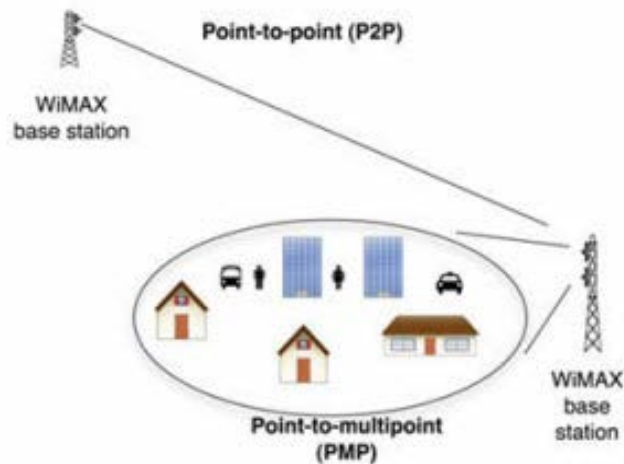
antara modem dan antena. Ketiga bagian tersebut dapat terpisah, terintegrasikan per bagian atau terintegrasikan penuh dalam satu atau dua perangkat. SSs (*Subscriber Station*) dapat berupa : pelanggan bisnis, perkantoran, dan perumahan yang merupakan layanan *first mile* untuk *public network*.

### 2.5.3.1 Topologi jaringan WiMAX

Topologi jaringan WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) dibagi menjadi 2 kategori besar yaitu *Point to Point* dan *Point to Multi Point* serta dapat dikembangkan menjadi *topologi mesh*. Pada *topologi mesh*, *Base Station* digunakan sebagai *interface* ke *core network*, sementara untuk menjangkau pelanggan yang berada diluar jangkauan suatu *base station*, *subscriber station / Customer-premises equipment* dapat bertindak sebagai *router* atau *repeater* bagi terminal pelanggan lainnya. Tentunya terminal pelanggan akan lebih kompleks karena harus dilengkapi dengan kemampuan *routing*. Melalui cara ini akan memperoleh penambahan *coverage* jaringan secara signifikan. Namun dalam pengembangannya *topologi mesh* merupakan *topologi* pilihan yang berarti tidak harus diadopsi dalam sistem WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*).

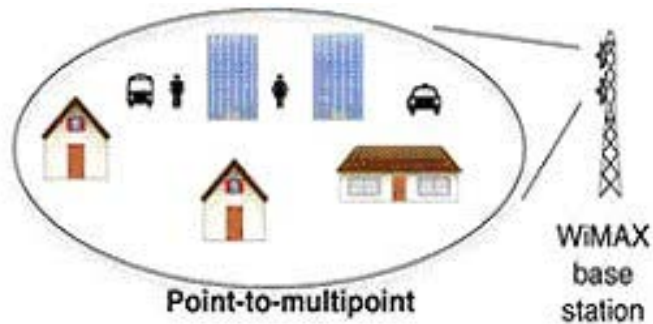
- a. *Topologi point to point* dapat digunakan sebagai *backhaul* maupun dapat juga digunakan untuk komunikasi antara *base station* WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) dengan *single subscriber station / Customer-premises equipment*.





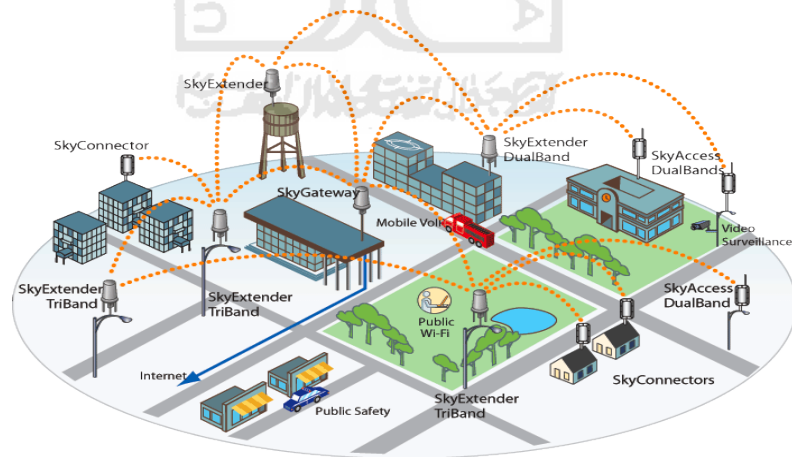
Gambar 2.11 Topologi point to point

- b. *Topologi point to multi point* biasanya digunakan untuk melayani akses langsung ke pelanggan. Dalam *topologi ini base station WiMAX (Worldwide interoperability for Microwave Access)* digunakan untuk meng-handle beberapa *subscriber station / CPE (customer-premises equipment)*. Kemampuan dari jumlah *subscriber station / CPE (customer-premises equipment)* tergantung dari tipe QoS (*quality of service*) yang ditawarkan oleh *operator*. Bila tiap *subscriber station / CPE (customer-premises equipment)* mendapatkan *bandwidth* yang cukup besar maka dapat disimpulkan bahwa kapasitas jumlah pengguna juga akan semakin berkurang dan sebaliknya bila *bandwidth* yang dialokasikan semakin sedikit maka kapasitasnya akan semakin besar.



Gambar 2.12 Topologi point to multi point

- c. Topologi pengembangan (*mesh*) merupakan pengembangan dari topologi *point to point* dan *point to multi point*. Dengan kedua topologi tersebut WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) dapat memanfaatkan untuk berbagai topologi seperti topologi *mesh* maupun gabungan atau *integrasi* antara *point to point* dan *point to multi point*.

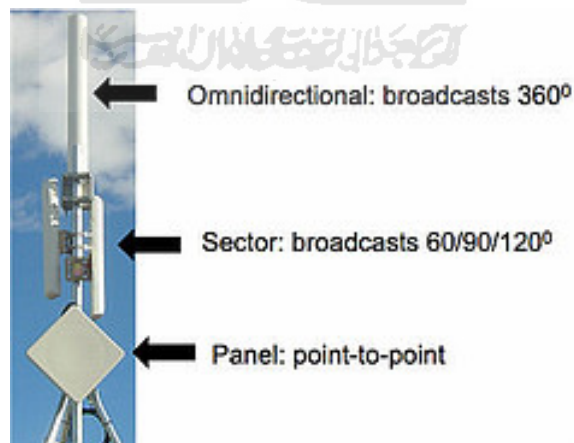


Gambar 2.13 Topologi pengembangan “mesh”

### 2.5.3.2 Element perangkat

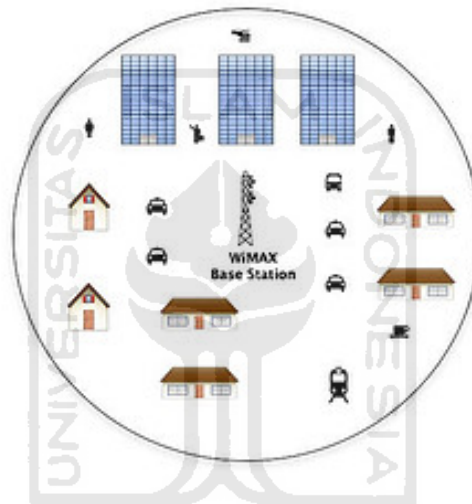
Element perangkat WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) secara umum terdiri dari *base station*, Antenna, dan *subscriber station*

- a. *Base station*, merupakan perangkat transceiver (*transmitter and receiver*) yang biasanya dipasang pada satu lokasi. Dari *base station* ini akan di sambungkan ke beberapa CPE (*Customer Premises Equipment*) dengan media *interface* gelombang radio yang mengikuti standar WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*).
- b. Antena merupakan alat untuk *mentransformasikan* sinyal radio yang merambat pada sebuah konduktor menjadi gelombang elektromagnetik di udara. Antena memiliki sifat resonansi sehingga antena akan beroperasi pada daerah tertentu.



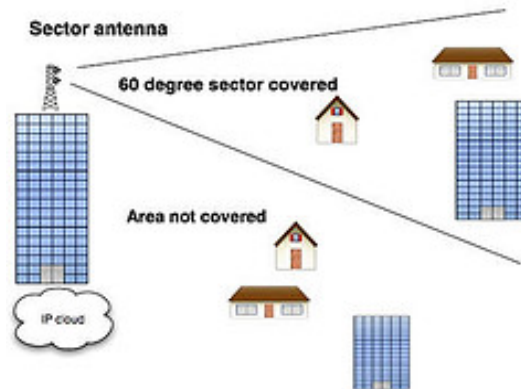
Gambar 2.14 Antena WiMAX

- d. Antena *Omni directional* merupakan jenis antena yang memiliki pola pancaran sinyal kesegala arah ( $360^\circ$ ). Antena jenis ini dapat digunakan untuk konfigurasi PtMP (point to multi point) sehingga dapat melayani jumlah pengguna yang lebih banyak. Namun, kesulitannya adalah pada terbatasnya jangkauan daya pancar dan pengalokasian frekuensi untuk tiap sel agar tidak terjadi interferensi



Gambar 2.15 Tipe antena omni directional

- e. Antena sektor adalah jenis antena yang pola radiasinya kearah atau sector tertentu yaitu  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ , atau  $120^\circ$  tergantung dari area yang akan dilayani.

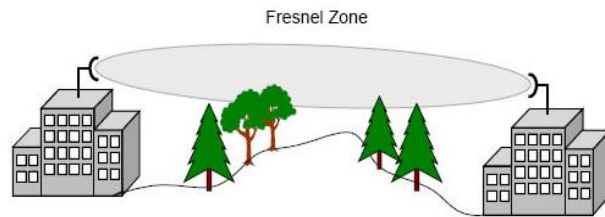


Gambar 2.16 Tipe antenna sektoral

- c. Secara umum *Subscriber Station* atau *CPE (Customer Premises Equipment)* terdiri dari *Outdoor Unit* dan *Indoor Unit* perangkat radionya ada yang terpisah dan ada yang *terintegrasi* dengan antenna. *Indoor Unit* merupakan titik koneksi ke komputer pelanggan berfungsi sebagai power *injektor* ke *Outdoor Unit*. Berdasarkan mekanisme aksesnya, pada sistem WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) didefinisikan beberapa pengertian yaitu *fixed*, *nomadic*, *portability*, *mobility* dan *full mobility*.

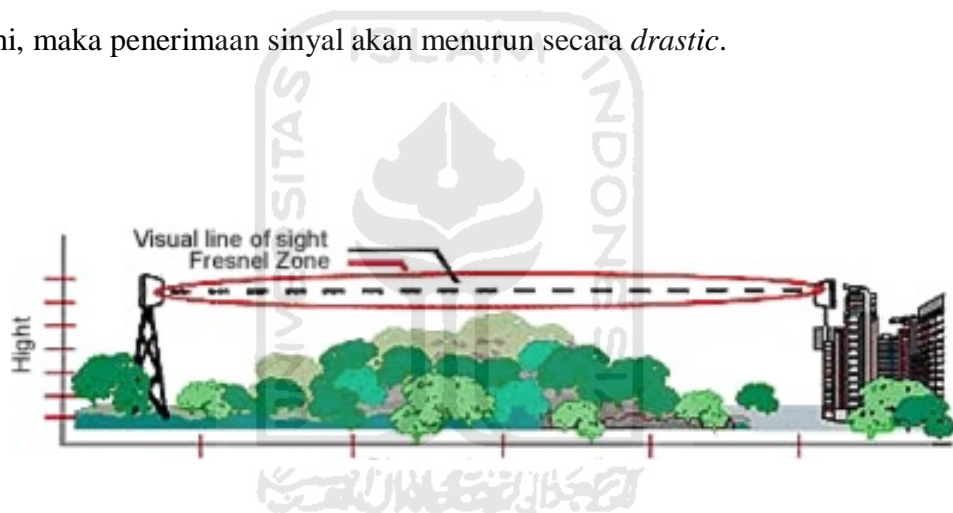
### 2.5.3.3 Non - Line Of Sight pada WiMAX

*Line of sight* dan *non line of sight* adalah daerah pancar antara base station dan *subscriber station* yang lebih dikenal dengan "*fresnel zone*".



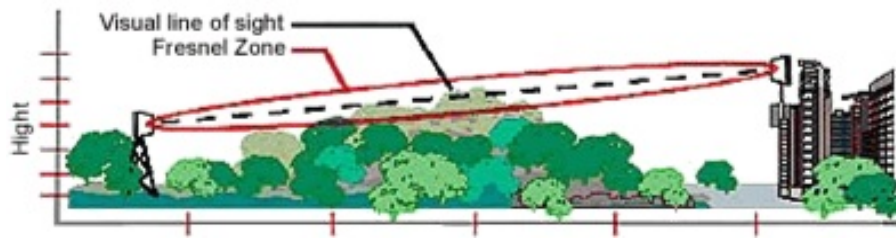
Gambar 2.17 *Fresnel zone*

Pada kondisi *line of sight*, antenna pengirim dan penerima tembus pandang secara langsung tanpa ada rintangan (*frist fresnel zone*). Apabila kreteria ini tidak dipenuhi, maka penerimaan sinyal akan menurun secara *drastic*.



Gambar 2.18 *Line Of Sight*

Pada kondisi *non - line of sight* memungkinkan CPE (*Customer-premises equipment*) digunakan dalam ruangan atau sinyal yang sampai pada penerima telah melalui pemantulan, pemancaran, dan pembiasan. Sinyal yang akan diterima merupakan gabungan dari *direct path*, *multiple direct paths*, dan *diffracted propagation paths*.



Gambar 2.19 *Non Line Of Sight*

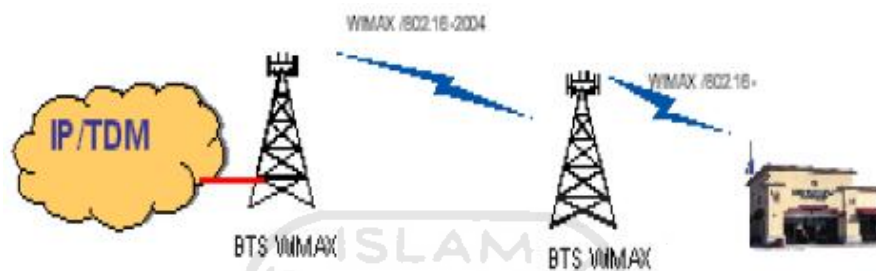
#### 2.5.4 Aplikasi WiMAX

WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) membawa isu *open standart* dalam arti komunikasi perangkat WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) diantara beberapa vendor yang berbeda tetap dapat dilakukan (tidak *proprietary*). Dalam perkembangan WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) tidak hanya diperuntukan bagi market *fixed* saja tetapi market yang bersifat *portable* dan *mobile* juga merupakan sasaran bagi WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*). Dengan kecepatan hingga mencapai 70 Mbps, WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) layak diaplikasikan untuk “*last mile*” *broadband connection backhaul* dan *high speed enterprise*.

Aplikasi backhaul WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) dapat dimanfaatkan untuk backhaul WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) itu sendiri, backhaul Hotspot dan *backhaul* teknologi lain;

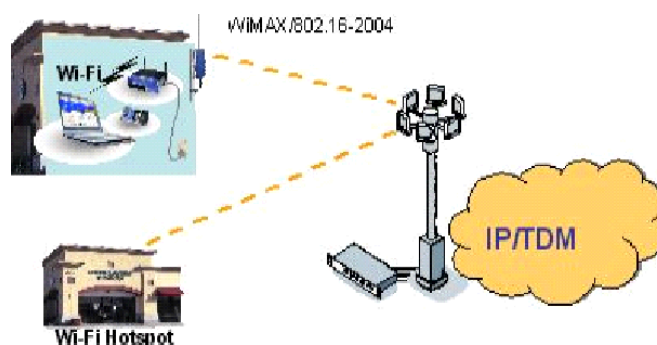
a. aplikasi backhaul

WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) sebagai aplikasi *backhaul* adalah sebagai *repeater* untuk memperluas wilayah cakupan



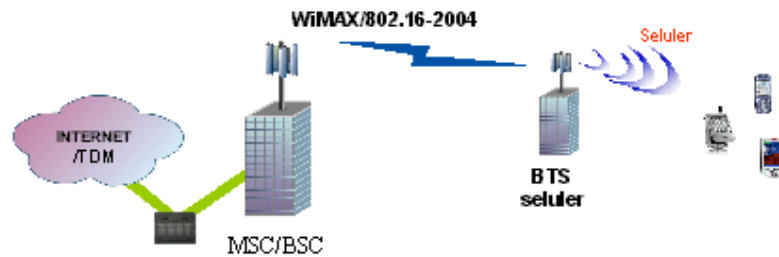
Gambar 2.20 WiMAX sebagai *backhaul* WiMAX

Dengan keterbatasan jaringan ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) sebagai *backhaul* untuk jaringan *Hotspot* maka WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) dapat digunakan untuk *backhaul hotspot*.



Gambar 2.21 WiMAX sebagai *backhaul Hotspot*

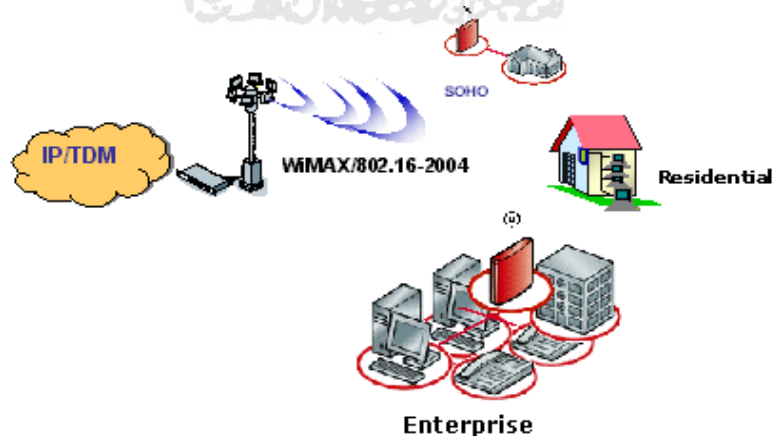




Gambar 2.22 WiMAX sebagai *backhaul* teknologi lain

**b. Akses *broadband***

WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) dapat digunakan sebagai “*last mile*” untuk melayani kebutuhan *broadband* bagi pelanggan. Dari pelanggan perumahan maupun bisnis dapat dipenuhi oleh teknologi WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*).



Gambar 2.23 Aplikasi WiMAX untuk akses *broadband*

c. *personal broadband*

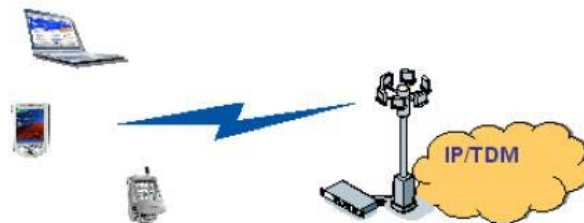
WiMAX *personal broadband* dapat dibedakan menjadi 2 pangsa pasar yaitu bersifat *nomadic* dan *mobile*

1. *Nomadic* tingkat perpindahan dari pengguna tidak sering dilakukan dan dengan kecepatan rendah.



Gambar 2.24 WiMAX untuk aplikasi *personal broadband*

2. *Mobile* pengguna WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) layaknya menggunakan terminal Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) seperti *notebook*, PDA (*personal digital assistant*) atau *Smartphone*. Tingkat perpindahan sama dengan Wi-Fi (*Wireless Fidelity*).



Gambar 2.25 WiMAX untuk aplikasi *backhaul personal mobile*

### 2.5.5 QoS (*Quality of service*)

*Medium access control* pada WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) dapat menjalankan *quality of service* dengan berbagai kebutuhan *bandwidth* dan *aplikasi*. Sebagai contoh aplikasi *voice* dan *video* memerlukan waktu tunda (*latency*) yang rendah tetapi masih bisa mentolelir beberapa *error*. Sebaliknya aplikasi-aplikasi data pada umumnya sangat sensitif terhadap *error*. Sedangkan *latency* bukan menjadi pertimbangan kritis. Kemampuan mengalokasikan besarnya *bandwidth* pada suatu kanal pada saat yang tepat merupakan konsep mekanisme penting pada standar WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) untuk menurunkan *latency* dan meningkatkan *quality of service*.

Aspek lain yang tersedia pada *quality of service* yang terdapat di WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) adalah kemampuan mengatur kecepatan data (*data rate manageability*) dimana ditentukan oleh analisis *link* antara dan *subscriber station*. Kuat sinyal antara *base station* dan *subscriber station* akan menentukan kecepatan data yang mampu dikirim ke sisi pelanggan. Besar kecilnya kecepatan data tersebut didasarkan pada jenis modulasi yang tersedia, apakah 64 QAM, 16 QAM, QPSK atau BPSK. Biasanya semakin jauh pengguna dari base station, maka kecepatan datanya akan semakin kecil. Modulasi 64 QAM merupakan modulasi terbaik untuk mendukung kecepatan data yang paling besar.

WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) juga dapat mengoptimalkan kecepatan data di sisi pengguna dengan cara menentukan tipe modulasinya. Bila penggunanya cukup dekat dengan base station, maka modulasinya dapat ditentukan 64 QAM sedangkan yang lebih jauh 16 QAM atau QPSK. Namun demikian WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) dapat menentukan tipe modulasinya mana yang berlaku secara otomatis tergantung dari kualitas *link* antara base station dan subscriber station. Selain itu juga dapat dibedakan sisi *uplink* maupun *downlink*.

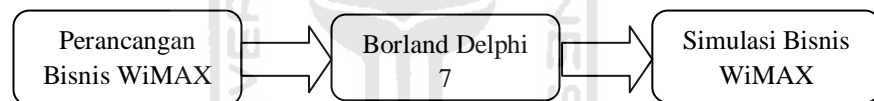
Dengan kemampuan memberikan QoS (*quality of service*) maka akan sangat menguntungkan baik bagi operator maupun pelanggan. Bagi operator dapat memberikan diversifikasi layanan dan tarif berdasarkan tipe QoS (*quality of service*) yang dikirim ke pelanggan. Selain itu kualitas layanan yang diberikan ke pelanggan juga lebih terjamin karena masing-masing tipe *quality of service* sangat sesuai dengan layanan tertentu. Sedangkan bagi pelanggan dapat memilih layanan sesuai dengan pertimbangan kebutuhan (misalkan biaya, tipe layanan yang akan diperoleh menyangkut *throughput*-nya).

## BAB III

### PERANCANGAN SISTEM

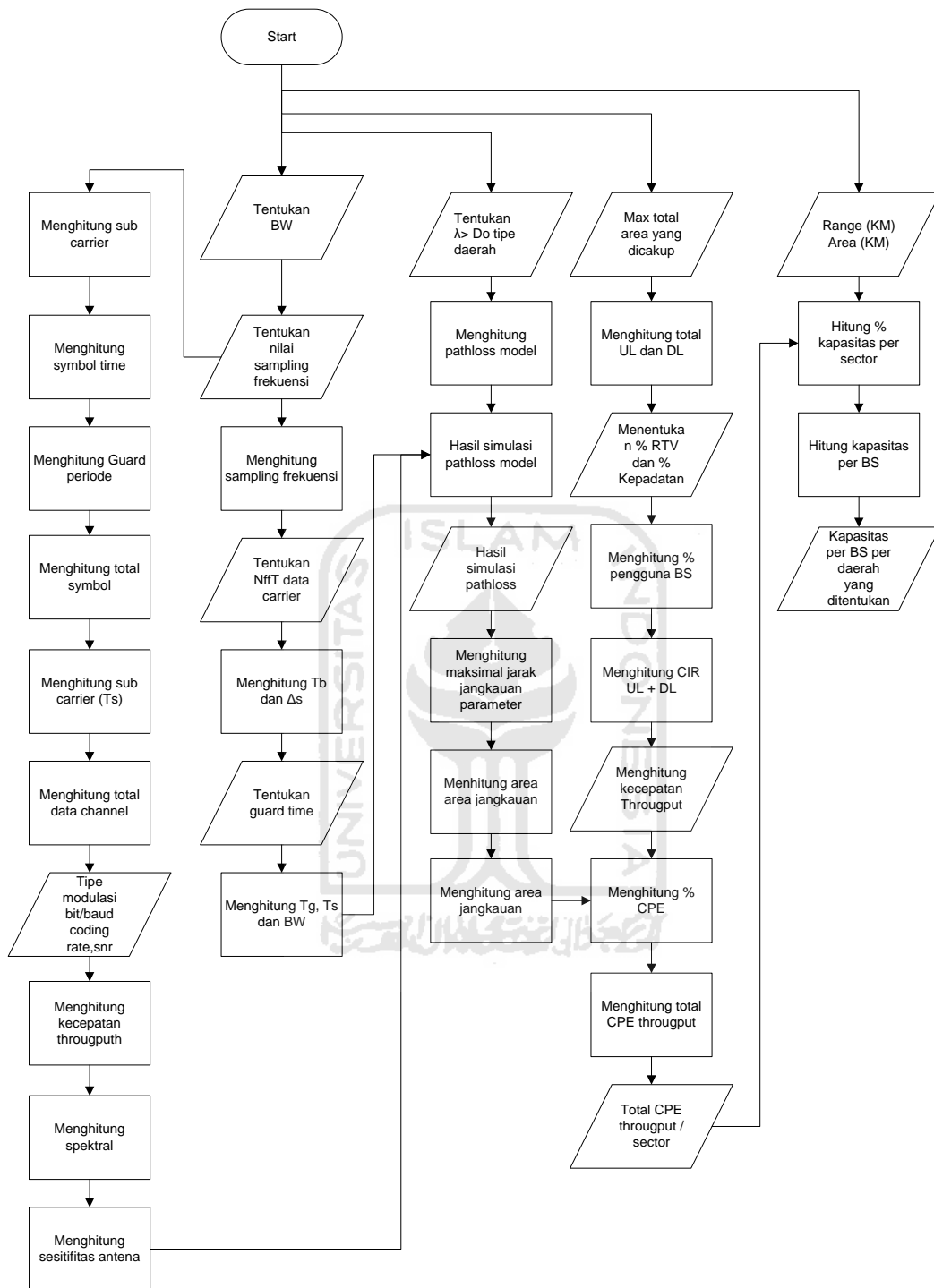
#### 3.1 Perancangan Sistem

Tahapan dasar perancangan perangkat lunak simulasi bisnis WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*). Perancangan perangkat lunak tersebut meliputi perancangan bisnis dan pembuatan perangkat lunak dengan menggunakan alat/perangkat lunak Borland Delphi 7.



Gambar 3.1 Perancangan perangkat lunak simulasi bisnis WiMAX

Hasil dari perancangan perangkat lunak simulasi bisnis WiMAX adalah bagaimana sebuah perangkat lunak dapat memprediksi perancangan bisnis layanan teknologi WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*). Perangkat lunak ini akan proses perancangan bisnis WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) yang meliputi aspek teknis dan aspek *non* teknis.

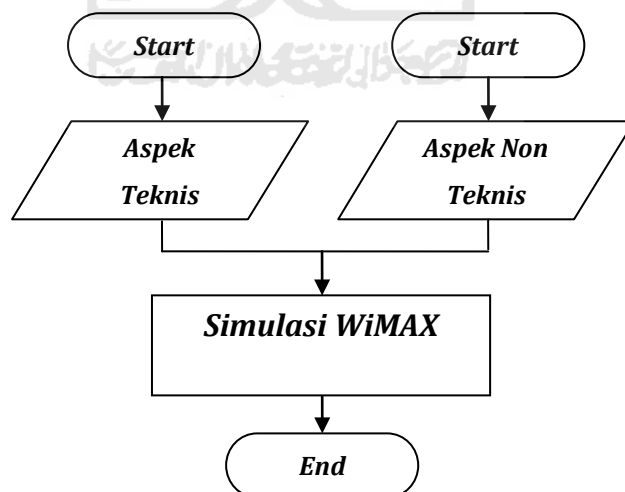


Gambar 3.2 Alur perhitungan

### 3.2 Perancangan bisnis WiMAX

Kelayakkan suatu *investasi* ditentukan oleh perbandingan antara hasil *investasi* yang diperoleh terhadap biaya modal yang harus dikeluarkan. Salah satu metode evaluasi tersebut adalah menggunakan model tekno ekonomi dimana model tekno ekonomi merupakan model alur analisa yang mengaitkan kajian teknis dari suatu penerapan teknologi dengan analisa dampaknya terhadap aspek-aspek ekonomi. Tujuannya adalah untuk mendapatkan gambaran secara ekonomi dalam rangka membuat kebijakan atau keputusan investasi teknologi baru.

Model tekno ekonomi sering digunakan untuk mempersiapkan suatu produk layanan yang akan dipasarkan, seperti yang sering digunakan oleh ITU-D (*International Telecommunication Union-Development*) dari dampak ekonomi dari rencana penerapan suatu platform jaringan di negara-negara berkembang,



Gambar 3.3 *Flowchart* perancangan bisnis WiMAX

### 3.3 Aspek teknis

Perancangan teknis bisnis WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) adalah memperkirakan kebutuhan yang diperlukan sehingga dapat memberi gambaran pada aspek *non* teknis.

#### 3.3.1 Parameter OFDM

Teknik modulasi *multicarrier* OFDM (*Othogonal Frequency Division Multiplexing*) merupakan teknik *modulasi multicarrier*, yang mengizinkan *spektrum* antar *subcarrier* saling *overlap* sehingga memiliki efisiensi spektrum yang tinggi. OFDM (*Othogonal Frequency Division Multiplexing*) memecah data kecepatan tinggi menjadi data yang kecepatan rendah, sehingga efek frekuensi selective yang dialami sinyal OFDM (*Othogonal Frequency Division Multiplexing*) akan menjadi *flat fading* pada tiap-tiap *subcarrier*.

- *Sampling frequency* ( $F_s$ )

$B_w * (8/7)$  atau  $(7/6)$

$(8/7)$  *oversampling*

$(7/6)$  *undersampling*

- *Useful time* ( $T_b$ )

$N_{fft} / F_s = \quad \mu/\text{sec}$

$N_{fft} =$  Parameter *carrier*  $N_{fft}$

$F_s =$  Hasil perhitungan *Sampling Frequency*



- *Cyclic prefix time (Tg)*

$$T_b / 32 = \mu\text{sec}$$

$T_b$  = Nilai hasil perhitungan *useful time*

32 = parameter WiMAX

- *Symbol time (Ts)*

$$T_b + T_g = \mu\text{sec}$$

$T_b$  = Nilai hasil perhitungan *useful time*

$T_g$  = Nilai hasil perhitungan *Cyclic prefix time*

- *Bandwidth efficiency* =  $(F_s/B_w) * (N_{used} + 1) / (N_{fft}) = \%$

Tabel 3.1 Parameter OFDM

| OFDM Parameters  | Value  | Choice BW=3.5MHz |
|--|--|------------------|
| Center Frequency   |  | 2491.5           |
| Sampling Frequency (Fs)  | 7/6 (undersampling) or<br>8/7 (over sampling)<br>x Bandwidth | 4                |
| Carriers $N_{FFT}$   | 256  | 256              |
| Data Carriers Nused  | 192  | 192              |
| Useful Time (Tb)   | $N_{FFT} / F_s$  | 64               |
| Subcarrier Spacing ( $\Delta_s$ )  | $F_s / N_{FFT}$  | 15.625           |
| Delay Spread ( $\Gamma_{rms}$ ) = $[T_1 \times d^e \times \gamma]$ where d is distance in Km, T1 is the median value of $\Gamma_{rms}$ at d=1Km. e is exponent lies between 0.5 & 1.0 and $\gamma$ is lognormal variate with STD Deviation between 2-6dB | 3 $\mu\text{sec}$  | 3                |
| Guard time/ Useful Symbol time ratio ( $T_g/T_b$ )   | 1/32, 1/16, 1/8, 1/4   | 1/32             |
| Cyclic Prefix Time (Tg)<br>(choose $T_g > \Gamma_{rms}$ )  | $T_b/32$   | 2                |
| Symbol Time (Ts)   | $T_b + T_g$  | 66               |
| Bandwidth Efficiency   | $[(F_s/B_w) \times (N_{used}+1) / (N_{FFT})]$                | 86               |

Center frequency ( 2483.5MHz -2499.5MHz):2491.5MHz

### 3.3.2 Karakteristik sistem WiMAX

Karakteristik sistem WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*).

Tabel 3.2 Karakteristik WiMAX

| Parameter   | Value  | Units  |
|---|--|--------|
| Center Frequency  | 2491.5   | MHz    |
| Duplexing   | TDD  |        |
| Multiple Access   | TDMA   |        |
| Modulation  | adaptive<br>BPSK, QPSK, QPSK, 16-<br>QAM, 64-QAM |        |
| Channel Bandwidth   | 3.5 & 1.75                                       | MHz    |
| Input power (Pi)  | 35   | dBm    |
| Hbs   | 30   | meters |
| Hrx   | 6  | meters |
| BS antenna gain Gi  | 17   | dBi    |
| BS feeder loss  | 0.5  | dB     |
| receiver antenna gain( Gr)  | 18   | dBi    |
| For QAM64 3/4 & 3.5MHz channel<br>and RX sensivity**                        | -84.692  | dBm    |
| receiver feeder loss  | 0  | dB     |
| other connector losses  | 4  | Db     |
| CPE   | Outdoor  |        |
| coverage requirement  | 90   | %      |
| Fade Margin for 99.9% reliability<br>(as per ITU-R P.530<br>Recommendation) | 10   | dB     |
| Distance (d) Max  | 20   | Km     |
| EIRP =Tx power +GTx-<br>miscellaneous losses at TX                          | 51.5   | dBm    |
| Total Gain: EIRP+GRx-Rxfeeder<br>loss                                       | 69.5   | dBm    |
| Distance of coverage  | 10   | Km     |

### 3.3.3 Propagasi

Transmisi *radio* dalam sistem komunikasi BWA (*Broadband Wireless Access*) sering terjadi melalui wilayah yang tidak beraturan. Untuk mengestimasi besarnya nilai redaman lintasan sinyal, perlu diperhitungkan pula berbagai profil wilayah yang dilaluinya. Profil wilayah ini dapat berubah dari yang sederhana seperti hanya berupa kelengkungan bumi, sampai ke profil pegunungan yang ketinggiannya tidak beraturan. Hadirnya pepohonan, bangunan dan penghalang-penghalang lainnya harus juga diperhitungkan keberadaannya.

- *Sampling frequency* ( $F_s$ ) = MHz  
 $((N_{\text{sampling}} * \text{RF BW})/8000)*8000$
- *Subcarrier spacing* = KHz  
 $(F_s/N_{\text{fft}})*1000$
- *Symbol time* =  $\mu$ /sec  
 $(1/\Delta F)*1000$
- *Guard periode for symbol time* =  $\mu$ /sec  
 $(1/32) * (1/\Delta F)*1000$
- *Total symbol time* =  $\mu$ /sec  
*Symbol time + guard period*
- *Single subcarrier baudrate* = Kbaud  
 $1 / (T_s)$

- Total data channel baudrate = Kbps

$$(N_{used} * (1/T_s))$$

Tabel 3.3 Parameter yang digunakan dalam perhitungan *propagasi*

|   |           |   |             |
|---|-----------|---|-------------|
| Fs: ((Nsampling x RF BW)/8000)x 8000 in MHz [For 3.5MHz BW, Nsampling =8/7]             | 4         | Sub-carrier Spacing in KHz [For 3.5MHz, FFT =256] $\Delta F = (F_s/N_{fft}) * 1000$     | 15.625      |
| Fs: ((Nsampling x RF BW)/8000)x 8000 in MHz [For 1.75MHz BW, Nsampling =8/7]            | 2         | Sub-carrier Spacing in KHz [For 1.75MHz, FFT =256] $\Delta F = (F_s/N_{fft}) * 1000$    | 7.8125      |
| Symbol Time for 3.5MHz carrier (in $\mu$ sec) $= (1/\Delta F) * 1000$                   | 64        | Symbol Time for 1.75MHz carrier (in $\mu$ sec) $= (1/\Delta F) * 1000$                  | 128         |
| Guard period for 1/32 of Symbol Time (For 3.5MHz BW) $= (1/32) * (1/\Delta F) * 1000$   | 2         | Guard period for 1/32 of Symbol Time (For 1.75MHz BW) $= (1/32) * (1/\Delta F) * 1000$  | 4           |
| Total Symbol time(Ts) (in $\mu$ sec) = Symbol time + guard period                       | 66        | Total Symbol time(Ts) (in $\mu$ sec) = Symbol time + guard period                       | 132         |
| Single Sub-carrier Baud rate[ $= 1/(T_s)$ ] in K Baud                                   | 15.151515 | Single Sub-carrier Baud rate[ $= 1/(T_s)$ ] in K Baud                                   | 7.575757576 |
| Total Data channel baud rate(for $N_{used}=192$ data carriers)in Kbps $(192 * (1/T_s))$ | 2909.0909 | Total Data channel baud rate(for $N_{used}=192$ data carriers)in Kbps $(192 * (1/T_s))$ | 1454.545455 |

- Throughput

$$(\text{coding rate} * \text{bits/ baud} * \text{Total Data channel baud rate})$$

- Spectral efficiency

$$(\text{BITS} / \text{bandwidth choice pada Hz (3500)})$$

- Rx sensitivity

$$R_{ss} = -102 + \text{SNR}(\text{Rx}) + 10 \cdot \log(F_s \cdot (N_{used}/N_{fft}) \cdot (N_{subchannels}/16)) \quad (3.1)$$

Tabel 3.4 Propagasi

| Modulation | Bits/ baud |     | Receiver SNR(dB) for BER =10 <sup>-6</sup> | Throughput (for 3.5MHz Channel) (coding rate x bits/ baud x Total Data channel baud rate) | SPECTRAL EFFICIENCY (BITS/Hz ) (@3.5MHz ) | Rx Sensitivity (For 3.5MHz BW) |
|------------|------------|-----|--|---|---|--------------------------------|
| BPSK       | 1          | 1/2 | 6.4  | 1454.5455   | 0.4156                                    | -102.6926996                   |
| QPSK       | 2          | 1/2 | 9.4  | 2909.0909   | 0.8312                                    | -102.7029996                   |
|            | 2          | 3/4 | 11.2                                       | 4363.6364   | 1.2468                                    | -97.89269961                   |
| 16-QAM     | 4          | 1/2 | 16.4                                       | 5818.1818   | 1.6623                                    | -92.69269961                   |
|            | 4          | 3/4 | 18.2                                       | 8727.2727   | 2.4935                                    | -90.89269961                   |
| 64-QAM     | 6          | 2/3 | 22.7                                       | 11636.3636  | 3.3247                                    | -86.39269961                   |
|            | 6          | 3/4 | 24.4                                       | 13090.9091  | 3.7403                                    | -84.69269961                   |

### 3.3.4 Path Loss Model

Perhitungan redaman karena *propagasi (path loss)* dan radius jangkauan pada sistem *wireless* mengacu pada pendekatan standar IEEE 802.16.3c-01/29r4 yang dikenal sebagai *Channel model for fixed wireless application by erceg et al* yang diadopsi dari pendekatan AT&T *wireless model*

$$\text{Path Loss (PL)} = A + 10 \gamma \log (d/d_0) + \Delta L_f + \Delta L_h + S \quad \text{for } d > d_0 \quad (3.2)$$

$$A = 20 \log (4 \pi d_0 / \lambda)$$

$$\lambda = \text{panjang gelombang}$$

$$\gamma = (a - b \text{ hb} + c / \text{hb}) \text{ faktor } a, b, \text{ dan } c \text{ adalah faktor } \textit{terrain}$$

$$\text{hb} = \text{menyatakan tinggi antenna } \textit{base station} \text{ (antara 20 - 80 meter)}$$

$$d_0 = 100 \text{ (meter merupakan jarak acuan pengukuran)}$$

$$s = \text{faktor efek } \textit{shadowing} \text{ berkisar antara 8.6 - 10.2 dB}$$

$$\Delta \text{ PL}_f = (6 \log (f/2000)) \text{ faktor koreksi terhadap frekuensi kerja empiris (f=MHz)}$$

$$\Delta \text{ PL}_h = \text{faktor koreksi terhadap tinggi antenna } \textit{remote} \text{ "2 meter"}$$

Model ini menyertakan perhitungan *path loss* yang dipengaruhi oleh faktor jarak antara *transmitter* dan *receiver*, ketinggian antena, frekuensi *carrier*, dan *terrain type*.

Tabel 3.5 Type terrain

|          | Terrain A | Terrain B | Terrain C |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>a</b> | 4.6       | 4         | 3.6       |
| <b>b</b> | 0.0075    | 0.0065    | 0.005     |
| <b>c</b> | 12.6      | 17.1      | 20        |

- a) Kategori **a** – *Hilly / moderate-to-heavy tree density (urban)*

Tipe ini berasosiasi dengan *pathloss* terbesar yaitu perbukitan dengan densitas pepohonan sedang sampai tinggi.

- b) Kategori **b** – *Hilly / light tree density or flat / moderate-to-heavy tree density / intermediate (suburban)*

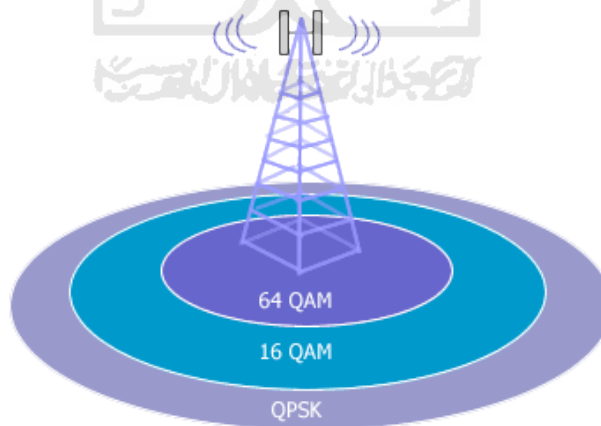
Tipe ini merupakan asosiasi *pathloss* pertengahan yaitu dengan *terrain* dan densitas pepohonan antara **a** dan **c**.

- c) Kategori **c** – *Flat / light tree density (rural)*

Tipe ini berasosiasi dengan *pathloss* terkecil yaitu terrain rata dengan dengan pepohonan jarang.

### 3.3.5 Modulasi bit rate coverage

Modulasi adalah skema transmisi pada komunikasi *digital, transmitter* mendaptasi *mode* transmisi dengan kondisi kanal yang secara efektif dapat mengatur keseimbangan kebutuhan *bandwidth* dan kualitas sambungan. Apabila kualitas sinyal cukup baik maka digunakan modulasi yang tinggi untuk memberikan kapasitas *bit rate* yang lebih besar. Apabila kualitas sambungan menurun sistem modulasi digeser menjadi lebih rendah untuk menjaga kualitas sambungan. Perpindahan modulasi diatur secara dinamis dari 64 QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) 16 QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*), QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*) dan BPSK (*Binary Phase Shift Keying*).



Gambar 3.4 Modulasi WiMAX

- a) QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) merupakan pengembangan dari modulasi QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*) dan BPSK (*Binary Phase Shift Keying*)
- b) QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*) modulasi ini merupakan modulasi yang sama dengan BPSK (*Binary Phase Shift Keying*), tetapi pada QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*) terdapat empat level sinyal. Masing-masing sinyal disimbolkan dengan perbedaan fasa 90°.

- *Spectral efficiency*

$$(\text{Bits} / \text{bandwidth choice}) = \text{bits/sec/Hz}$$

- *Modulation coverage area (Km)*

$$\text{Bpsk } \frac{1}{2} = (22/7 * 10 * 10) - (\text{Qpsk } \frac{1}{2} + \text{Qpsk } \frac{3}{4} + 16\text{Qam } \frac{1}{2} + 16\text{Qam } \frac{3}{4} + 64\text{Qam } \frac{2}{3} + 64\text{Qam } \frac{3}{4})$$

- *Coverage (%)*

$$\text{Hasil perhitungan } \text{modulation coverage area} / (22/7 * 10 * 10) * 100$$



Tabel 3.6 Parameter *Modulasi bit rate coverage*

| Modulation | Coding | 3.5MHz channel          |                                |                                   |   |   |   |
|------------|--------|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---|---|---|
|            |        | Rx Sensitivity (3.5MHz) | Max Bit rate obtainable (Mbps) | Spectral Efficiency (bits/sec/Hz) | Max distance of coverage(in Km) with 99.9% reliability* | Modulation covered area (in sq km) in a cell of coverage radius of 10Km | coverage % in a cell of coverage radius of 10Km |
| BPSK -1/2  | 1/2    | -102.692                | 1.454                          | 0.415428571                       | 10.00   | 87.21   | 27.75   |
| QPSK-1/2   | 1/2    | -99.693                 | 2.909                          | 0.831142857                       | 8.50  | 40.73   | 12.96   |
| QPSK-3/4   | 3/4    | -97.892                 | 4.363                          | 1.246571429                       | 7.70  | 84.23   | 26.80   |
| 16-QAM-1/2 | 1/2    | -92.692                 | 5.818                          | 1.662285714                       | 5.70  | 17.13   | 5.45  |
| 16-QAM-3/4 | 3/4    | -90.892                 | 8.727                          | 2.493428571                       | 5.20  | 34.70   | 11.04   |
| 64-QAM-2/3 | 2/3    | -86.392                 | 11.636                         | 3.324571429                       | 4.00  | 7.26  | 2.31  |
| 64-QAM-3/4 | 3/4    | -84.692                 | 13.09                          | 3.74                              | 3.70  | 43.03   | 13.69   |
|            |        |                         |                                |                                   |   | 314.29  | 100.00  |

### 3.3.6 Kalkulasi bandwidth CPE

Perhitungan *level* daya yang dilakukan untuk memastikan bahwa level daya penerimaan lebih besar atau sama dengan *level* daya *threshold* ( $RSL \geq R_{th}$ ). Tujuannya untuk menjaga keseimbangan *gain* dan *loss* guna mencapai SNR (*Signal to noise ratio*) (Perbandingan antara kekuatan Sinyal dengan kekuatan Derau) yang diinginkan di *receiver*. Parameter-parameter yang mempengaruhi kondisi *propagasi* suatu kanal *wireless* adalah sebagai berikut :

- a) Lingkungan propagasi sangat mempengaruhi gelombang radio. Gelombang radio dapat diredam, dipantulkan, atau dipengaruhi oleh *noise* dan interferensi. Tingkat peredaman tergantung frekuensi,

dimana semakin tinggi frekuensi redaman juga semakin besar. Parameter yang mempengaruhi kondisi propagasi yaitu rugi-rugi propagasi, *fading*, *delay spread*, *noise*, dan *interferensi*.

- b) Rugi-rugi propagasi, konfigurasi alam yang tidak beraturan bangunan, dan perubahan cuaca membuat perhitungan rugi-rugi propagasi sulit. Kombinasi statistik dan teori elektromagnetik membantu meramalkan rugi-rugi propagasi dengan lebih teliti.
- c) *Fading* adalah *fluktuasi amplitudo* sinyal. *Fading margin* adalah *level* daya yang harus dicadangkan yang besarnya merupakan selisih antara daya rata-rata yang sampai di penerima dan *level* sensitivitas penerima. Nilai *fading margin* biasanya sama dengan peluang *level fading* yang terjadi., yang nilainya tergantung pada kondisi lingkungan dan sistem yang digunakan.
- d) *Noise* dihasilkan dari proses alami seperti petir, *noise thermal* pada sistem penerima. Disisi lain sinyal transmisi yang mengganggu dan tidak diinginkan dikelompokkan sebagai interferensi.

- *Total uplink capacity* (Mbps)

$$(Total\ no\ RTU\ in\ a\ cell * Uplink\ CIR) / 1000$$

- *Total downlink capacity* (Mbps)

$$(Total\ no\ RTU\ in\ a\ cell * Downlink\ CIR) / 1000$$

- *Total link throughput (Mbps)*  
*(UL capacity + DL capacity)*
- *Usage of total bandwidth of base station (%)*  
Nilai asumsi
- *Over subscriber factor for all RTU (ratio)*  
*(1 / usage of total bandwidth)*
- *No of wells with Over Subscription (Mbps)*  
*(downlink CIR + Uplink CIR) / 1000*

Tabel 3.7 Parameter Kalkulasi *bandwidth* CPE

| <i>Parameter</i>   | <i>Units</i>    | <i>value</i> |
|--|-----------------|--------------|
| Total Coverage area /cell  | Km <sup>2</sup> | 260          |
| No of RTUs/SqKm  | Ea              | 2            |
| Total No of RTUs ina Cell  | Ea              | 130          |
| DownLink CIR   | Kbps            | 256          |
| Uplink CIR   | Kbps            | 512          |
| Total Uplink Capacity  | Mbps            | 66.56        |
| Total Downlink Capacity  | Mbps            | 33.28        |
| Total Link Throughput (UL+DL Capacity)   | Mbps            | 99.84        |
| <b>2. Base Station (BS) Utilization</b>  |                 |              |
| % of active RTUs at an instant (assumption)  | %               | 90           |
| % of average air time usage by active RTUs ( assumption)   | %               | 50           |
| % of usage of Total Bandwidth of BS  | %               | 0.45         |
| Over Subscription Factor for all RTUs (OSF or replication ratio) = $(1/(\% \text{ usage}))$              | ratio           | 2.22222222   |
| The no of wells with Over Subscription (No of wells x Over Subscription )-Actual no of wells at present) | Ea              | 158.8888889  |
| <b>2.1 Utilization for the Sector Radio</b>  |                 |              |
| CPE CIR(uplink+downlink)   | Mbps            | 0.768        |

- Utilitiation of the air interface (%)

$Total\ no\ of\ RTU\ in\ a\ cell * ((CIR/over\ subscriber\ station\ faktor\ for\ all\ RTU)/modulation\ rate))$

- Total CPE Throughput (Mbps in Cell)

$(Utilitiation * modulation\ rate)$

- Total CPE Throughput (Mbps in Sector)

$(Total\ CPE\ Throughput / 6)$

Tabel 3.8 Parameter Kalkulasi *bandwidth* CPE

| Modualtion | Modulation Rate | Utilization% of the Air interface by all CPEs with same Modulation: $= [1/OSFx\ modulation-Rate] \times \sum (CPE-CIR)$ | Total CPE Throughput (in Mbps) in a Cell with same modulation corresponding to the Utilization % of the Air time (in Mbps) | Total CPE Throughput(in Mbps) in a Sector with same modulation corresponding to the Utilization % of the Air time (in Mbps)[ Assuming 6 Sectors/Cell] |
|------------|-----------------|---|--|---|
| BPSK -1/2  | 1.454           | 30.89958735   | 44.928   | 7.488   |
| QPSK-1/2   | 2.909           | 15.44448264   | 44.928   | 7.488   |
| QPSK-3/4   | 4.363           | 10.29750172   | 44.928   | 7.488   |
| 16-QAM-1/2 | 5.818           | 7.72224132  | 44.928   | 7.488   |
| 16-QAM-3/4 | 8.727           | 5.14816088  | 44.928   | 7.488   |
| 64-QAM-2/3 | 11.636          | 3.86112066  | 44.928   | 7.488   |
| 64-QAM-3/4 | 13.09           | 3.43223835  | 44.928   | 7.488   |
|            |                 | 76.80533291   |  |   |

### 3.3.7 Equipment capacity

- Coverage (km)

$$22/7 * range (km) * range (km)$$

Tabel 3.9 Equipment capacity

| Duplexing | Freq Band (in MHz) | Range in Km | Coverage in Km | Sector Antenna | Frequency Reuse : (No of Carriers in the Network(4):No of Sectors(6):No of different segments in the channels(1)) | Channel BW (MHz) |                     |
|-----------|--------------------|-------------|----------------|----------------|---|------------------|---------------------|
| TDD       | 2483.5-2499.5      | 10          | 314.285714     | 60 degree      | 4:6:2   | 3.5              | <del>1.7</del><br>5 |

- Capacity in a sector (Mbps)

$$(BPSK \frac{1}{2} + QPSK \frac{1}{2} + QPSK \frac{3}{4} + 16QAM \frac{1}{2} + 16QAM \frac{3}{4} + 64QAM \frac{2}{3} + 64QAM \frac{3}{4})$$

- Total Capacity in a Sector (Mbps) with two Carriers

$$(Capacity in a sector * 2)$$

- Base station dengan 6 sektor

$$(6 * capacity in a sector)$$

- No of base station required

$$(Kebutuhan bandwidth pelanggan / base station dengan 6 sektor)$$

- BPSK - 1/2

$$(Adatable coverage \% * speed) / 100$$

- QPSK - 1/2 s/d 64QAM 3/4 (Adatable coverage \% / 100) \* speed

Tabel 3.10 *Equipment capacity*

| Modulation   | % Coverage (Max) | Adaptable Coverage % | Speed, Mbps | Capacity % ( Coverage x Speed ) |
|--|------------------|----------------------|-------------|---------------------------------|
| BPSK -1/2  | 27.75            | 27.75                | 1.454       | 0.403485                        |
| QPSK-1/2   | 12.96            | 12.96                | 2.909       | 0.3770064                       |
| QPSK-3/4   | 26.80            | 26.80                | 4.363       | 1.169284                        |
| 16-QAM-1/2   | 5.45             | 5.45                 | 5.818       | 0.317081                        |
| 16-QAM-3/4   | 11.04            | 11.04                | 8.727       | 0.9634608                       |
| 64-QAM-2/3   | 2.31             | 2.31                 | 11.636      | 0.2687916                       |
| 64-QAM-3/4   | 13.69            | 13.69                | 13.09       | 1.792021                        |
| Total coverage   | 100.00           | 100.00               |             | 5.2911298                       |
| Capacity in a Sector (Mbps) per Carrier with over subscription     |                  |                      |             | 5.2911298                       |
| Total Capacity in a Sector (Mbps) with two Carriers                |                  |                      |             | 10.5822596                      |
| Base Station Capacity with 6 sectors (6 x sector capacity) in Mbps |                  |                      |             | 63.4935576                      |

|   |             |
|---|-------------|
| Based on 10Km coverage radius for WiMAX & channel BW of 3.5MHz x 4 (4: no of frequencies in spectrum in a cell) |             |
| Required customer Bandwidth (Mbps) including Oversubscription ( obtained from CPE Bandwidth Calculation)        | 54.604      |
| No of Base Stations required (approx) = (CPE Capacity)/(Base Station Capacity)                                  | 0.859992762 |
| approximately 1 Base Station is required to cover 314.28 Km <sup>2</sup> (for 99.9% reliability requirement)    |             |

### 3.4 Aspek *non teknis*

Tahapan ini merupakan tahapan perhitungan jumlah *base station* yang dibutuhkan dan faktor pendukung lainnya seperti biaya sewa dan peralatan lain.

#### 3.4.1 CAPEX

CAPEX (*Capital expenditure*) meliputi keseluruhan biaya investasi untuk mengadakan perangkat dan sarana penunjang sesuai dengan jumlah *base station* dan *subscriber station*.

Tabel 3.6 Asumsi anggaran biaya untuk CAPEX

| Deskripsi                   | Jumlah (\$) | Keterangan          |
|-----------------------------|-------------|---------------------|
| Peralatan WiMAX             | 50.000      | Per base station    |
| Instalasi                   | 10.000      | Per base station    |
| Peralatan base station lain | 12.000      | Per base station    |
| Lisensi frekuensi           | 2.000.000   | Asumsi Rp.20 miliar |

### 3.4.2 OPEX

OPEX (*Operating expenditure*) merupakan biaya-biaya operasional yang dikeluarkan secara periodik untuk menjalankan aktifitas layanan termasuk biaya sewa dan perizinan yang diperlukan.

Tabel 3.7 Rincian biayan OPEX

| Operating expeses                      | Tahun peratama | keterangan                |
|--|----------------|---------------------------|
| Pemasaran                              | 20 %           | Pendapatan kotor          |
| Operasi jaringan                       | 10 %           | Pendapatan kotor          |
| Keperluan umum                         | 6 %            | Pendapatan kotor          |
| Pemeliharaan base station              | 5              | Dari capex base station   |
| Pemeliharaan CPE                       | 1              | Dari CPE operator         |
| Pemasangan dan pengawasan base station | 3000           | Per base station          |
| Pemasangan dan pengawasan CPE          | 54             | Per CPE                   |
| Penyewaan lokasi base station          | 1500           | Perbulan per base station |
| Chunrate                               | 12             | %                         |
| Laju penetrasi pelanggan               | 10             | %                         |
| Laju penetrasi pemasaran               | 2              | %                         |
| Laju penetrasi operasi jaringan        | 1              | %                         |
| Laju penetrasi keperluan umum          | 1              | %                         |

### 3.5 Simulasi bisnis WiMAX

Perhitungan ekonomi dihitung berdasarkan NPV (*Net Present Value*), IRR (*Internal Rate of Return*), PBP (*Pay Back Periode*) dan CP (*Cost Base*) dari hasil perhitungan aspek teknis, perhitungan aspek *non* teknis, dan perhitungan jumlah keseluruhan *base station* dan *subscriber station*. Untuk dapat melakukan

perhitungan tersebut masih memerlukan *estimasi* pendapatan, periode perhitungan, dan asumsi tingkat suku bunga (*discount rate*) yang digunakan.

Perhitungan NPV (*Net Present Value*) adalah selisih antara *present value* dari *investasi* dengan nilai sekarang dari penerimaan-penerimaan kas bersih di masa yang akan datang. Untuk menghitung nilai sekarang perlu ditentukan tingkat bunga yang relevan.

$$NPV = \left[ \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} \right] - I_0 \quad (3.3)$$

- CF<sub>t</sub> = aliran kas pada tahun “ t ” (*cash flow* pada tahun t)  
 I<sub>0</sub> = *Investasi* awal  
 k = biaya modal atau bunga diskonto  
 n = umur investas

IRR (*Net Present Value*), Metode IRR (*Internal Rate of Return*) ini digunakan untuk mencari tingkat bunga yang menyamakan nilai sekarang dari arus kas yang diharapkan di masa datang, atau penerimaan kas, dengan mengeluarkan investasi awal. Caranya, dengan menghitung nilai sekarang dari arus kas suatu investasi dengan menggunakan suku bunga yang wajar, misalnya 10 %. Kemudian di bandingkan dengan biaya investasi, jika nilai investasi lebih kecil, maka di coba lagi dengan penghitungan suku bunga yang lebih tinggi demikian seterusnya sampai biaya investasi menjadi sama besar. Apabila dengan suku bunga wajar tadi nilai investasi lebih besar, maka harus di coba lagi dengan



suku bunga yang lebih rendah sampai mendapatkan nilai investasi yang sama besar dengan nilai sekarang.

$$NPV = 0 = \left[ \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} \right] - I_0 \quad (3.4)$$

CF<sub>t</sub> = aliran kas pada tahun “ t “ (*cash flow* pada tahun t)

I<sub>0</sub> = Investasi awal

n = umur investasi

Metode NPV (*Net Present Value*) dan IRR (*Internal Rate of Return*) tersebut digunakan secara bersama sama untuk menentukan secara konsisten tingkat kelayakan *investasi* atau proyek. Apabila NPV (*Net Present Value*) yang dihasilkan bernilai positif dan IRR (*Internal Rate of Return*) berada diatas tingkat suku bunga yang ditargetkan, maka dapat disimpulkan bahwa proyek tersebut layak dan menguntungkan.

Perhitungan waktu balik modal PBP (*Pay Back Periode*) yang dihitung dari CAPEX (*Capital Expenditur*) dan OPEX (*Operational Expenditur*) per *subscriber* dan *operating margin* per *subscriber* yang didapatkan dari nilai ARPU (*Average Revenue Per Unit*) yang telah diasumsikan. Dalam persamaan sederhana dapat dinyatakan sebagai berikut;

$$\begin{aligned} PBP &= \text{Operating Margin per subscriber} \div \text{CAPEX per subscriber} \\ &= (\text{ARPU} - \text{OPEX per subscriber}) \div \text{CAPEX per subscriber} \end{aligned} \quad (3.5)$$

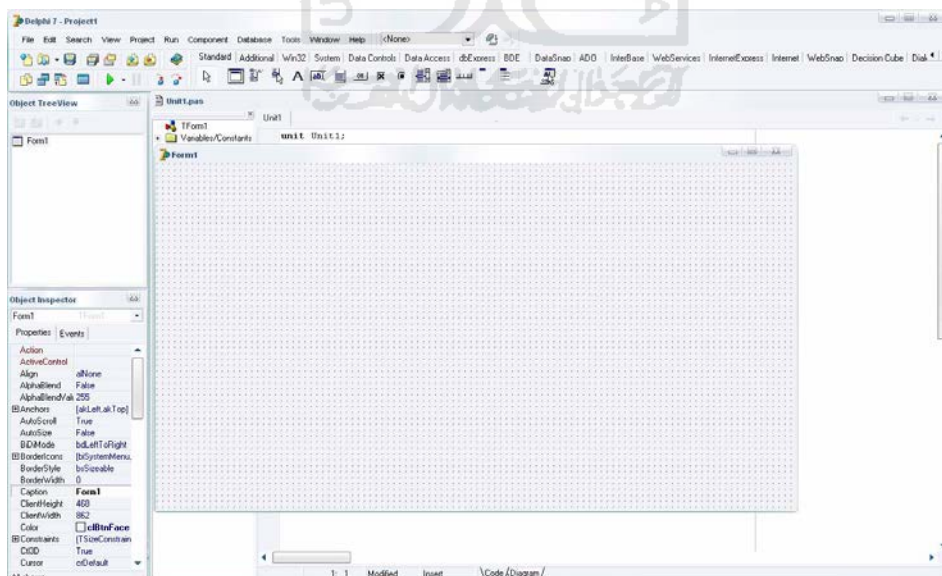
Perhitungan biaya dasar per layanan diturunkan dari komponen CAPEX (*Capital Expenditur*) dan OPEX (*Operational Expenditur*), prediksi aliran arus kas dan perhitungan berdasarkan estimasi penetrasi pasar yang telah diasumsikan.

### 3.6 Perancangan Perangkat Lunak

Setelah perhitungan manual dilakukan kini selanjutnya adalah tahapan perhitungan tersebut dimasukan kedalam perancangan perangkat lunak.

#### 3.6.1 IDE (*Integrated Development Environment*)

Pada tahapan ini adalah bagian untuk mendesain awal bagaimana perangkat lunak simulasi bisnis WIMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) akan di visualkan. Setelah desain perangkat lunak simulasi bisnis selesai tahapan berikutnya adalah meng-inputkan hasil perhitungan perancangan bisnis kedalam program Delphi.

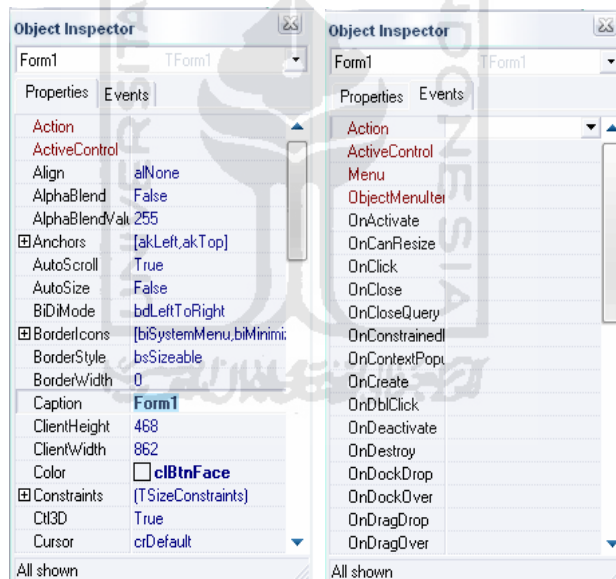


Gambar 3.5 *Integrated Development Environmen*

### 3.6.2 Object Inspector

*Object Inspector* digunakan untuk mengubah properti dan karakteristik dari sebuah komponen. *Object Inspector* terdiri dari dua tab, yaitu *Properties* dan *Events*. Tab *Properties* digunakan untuk mengubah properti komponen. *Propertis* dengan tanda “ + “ menunjukkan bahwa properti tersebut mempunyai *subproperti*.

Tab *Events*, bagian yang dapat diisi dengan kode program tertentu yang berfungsi untuk menangani kejadian-kejadian yang berupa sebuah *procedure* yang dapat direspon oleh sebuah komponen.

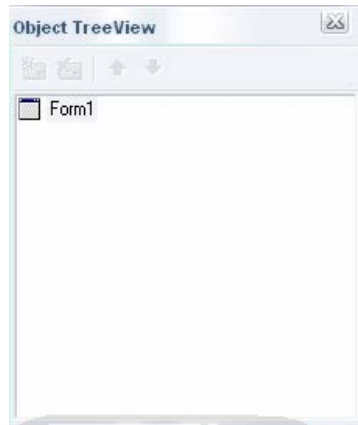


Gambar 3.6 *Object Inspector*

### 3.6.3 Object Tree View

*Object Tree View* menampilkan diagram pohon dari komponen-komponen yang bersifat visual maupun nonvisual yang telah terdapat dalam *form*,

data *module*, atau *frame*. *Object Tree View* juga menampilkan hubungan logika antar komponen.



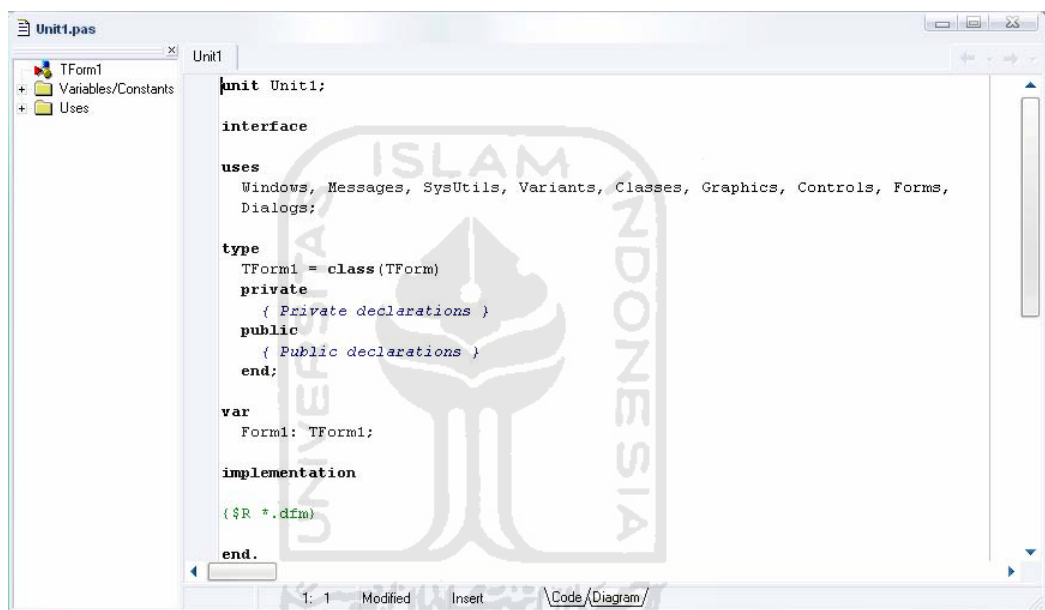
Gambar 3.7 *Object Tree View*

#### 3.6.4 Code Editor

*Code Editor* merupakan tempat menuliskan kode program atau pernyataan-pernyataan dalam *Object Pascal*. *Code Editor* dilengkapi dengan fasilitas *highlight* yang memudahkan pemakai menemukan kesalahan *title bar* yang terletak pada bagian atas jendela *code editor* menunjukkan nama *file* yang sedang disunting, serta pada bagian informasi yang perlu untuk diperhatikan, yaitu

- a. Nomor baris / kolom yang terletak pada bagian paling kiri. Bagian ini berfungsi untuk menunjukkan posisi kursor di dalam jendela *Code Editor*.
- b. *Modified* menunjukkan bahwa *file* yang sedang disunting telah mengalami perubahan tersebut belum disimpan. Teks ini akan hilang jika telah menyimpan perubahan.

- c. *Insert/Overwrite* yang terletak pada bagian paling kanan menunjukkan bahwa modus pengetikan teks dalam jendela *Code Editor*. *Insert* menunjukkan bahwa modus penyisipan teks dalam keadaan aktif, sedangkan *Overwrite* menunjukkan bahwa modus penimpaan teks dalam keadaan aktif.



Gambar 3.8 Code Editor.

## BAB IV

### PENGUJIAN SISTEM

#### 4.1 Pengujian sistem

Pengujian perancangan perangkat lunak simulasi bisnis WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) nantinya perangkat lunak simulasi bisnis WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) ini dapat menganalisa dan memperkirakan sebuah perancangan bisnis WiMAX (*Worldwide interoperability for Microwave Access*) untuk wilayah tertentu.

##### 4.1.1 Pengujian aspek teknis

###### 4.1.1.1 OFDM

- *Sampling frequency* ( $F_s$ )

*Bandwidth choice* = 3.5 MHz

$F_s = (8/7)$  oversampling or  $(7/6)$  undersampling

$3.5 * (8/7) = 4$  MHz

- *Useful time* ( $T_b$ )

- $N_{fft} / F_s = \quad \mu\text{sec}$

$N_{fft} = 256$

$F_s = 4$  MHz

$256 / 4 = 64 \mu\text{sec}$

- *Cyclic prefix time (Tg)*

$$T_b / 32 = \mu\text{sec}$$

$$T_b = 64 \mu\text{sec}$$

$$\text{Value} = 32 \mu\text{sec}$$

$$64 / 32 = 2 \mu\text{sec}$$

- *Symbol time (Ts)*

$$T_b + T_g = \mu\text{sec}$$

$$T_b = 64 \mu\text{sec}$$

$$T_g = 2 \mu\text{sec}$$

$$64 + 2 = 66 \mu\text{sec}$$

- *Bandwidth efficiency*

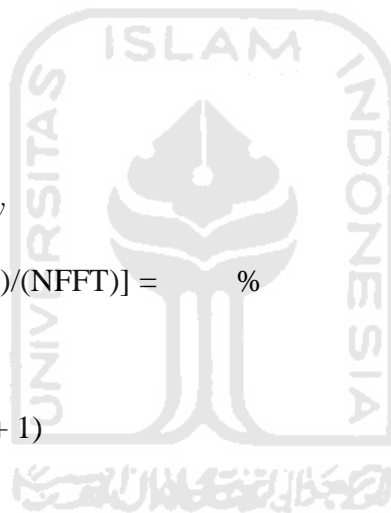
$$[(F_s/BW) \times (N_{used} + 1) / (N_{FFT})] = \%$$

$$(F_s / BW) = (4 / 3.5)$$

$$(N_{used} + 1) = (192 + 1)$$

$$N_{FFT} = 256$$

$$[(F_s/BW) \times (N_{used} + 1) / (N_{FFT})] = 86 \%$$



Faktor Teknis

Parameter OFDM | Karakteristik Wimax System | Perhitungan Propagasi | Pathloss Model | Modulasi-Bit Rate-Coverage | Kalkulasi Ba

|                       |                          |                      |                    |
|-----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------|
| Besar Bandwidth       | 3.5 MHz                  | Subcarrier Spacing   | 0.015625 KHz       |
| Frekuensi Tengah      | 2491.5 MHz               | Delay Spread (Trms)  | 3 u/sec            |
| Frekuensi Sampling    | 8/7 (Oversampling) 4 MHz | Guard Time (Tg/Tb)   | 1/32               |
| Carriers NFFT         | 256                      | Cyclix Prefix Time   | 2 u/sec            |
| Data Carriers NUsed   | 192 u/sec                | Symbol Time          | 66 u/sec           |
| Waktu Penggunaan (Tb) | 64                       | Bandwidth Efficiency | 36.1607142857143 % |

Gambar 4.1 Simulasi OFDM

#### 4.1.1.2 Karakteristik WiMAX

Faktor Teknis

Parameter OFDM | Karakteristik Wimax System | Perhitungan Propagasi | Pathloss Model | Modulasi-Bit Rate-Coverage | Kalkulasi Ba

|   |                   |                       |          |
|---|-------------------|-----------------------|----------|
| Duplexing                                   | TDD               | Receiver Feeder Loss  | 0 dB     |
| Multiple Access                             | TDMA              | Other Connector Loss  | 4 dB     |
| Modulasi                                    | 5-QAM,64-QAM      | CPE                   | Outdoor  |
| Input Power (pi)                            | 35 dBm            | Coverage Requirement  | 90 %     |
| Hbx (Tinggi Antena Pemancar)                | 30 m              | Fade Margin           | 10 dB    |
| Hrx (Tinggi Antena Penerima)                | 6 m               | Distance (d) Maksimum | 20 km    |
| BS Antena Gain (Bi)                         | 17 dBi            | EIRP                  | 51.5 dBm |
| BS Feeder Loss)                             | 0.5 dB            | Total Gain            | 69.5 dBm |
| Receiver Antena Gain (Gr)                   | 18 dBi            | Distance of Coverage  | 10 km    |
| Receiver Sensitivity for Wimax (QAM64(3/4)) | -84.692699609 dBm |                       |          |

Gambar 4.2 Karakteristik WiMAX



#### 4.1.1.3 Propagasi

- *Sampling frequency* ( $F_s$ ) = MHz

$$((N_{\text{sampling}} * \text{RF BW})/8000)*8000$$

$$N_{\text{sampling}} = (8/7)$$

$$\text{RF BW} = 3.5 \text{ MHz}$$

$$\text{Value} = 8000$$

$$((8/7) * 3.5) / 8000 * 8000 = 4 \text{ MHz}$$

- *Subcarrier spacing* = KHz

$$(F_s/N_{\text{fft}})*1000$$

$$F_s = 4 \text{ MHz}$$

$$N_{\text{fft}} = 256$$

$$\text{Value} = 1000$$

$$(4 / 256) * 1000 = 15.62500 \text{ KHz}$$

- *Symbol time* =  $\mu\text{sec}$

$$(1/\Delta F)*1000$$

$$\Delta F = \text{hasil perhitungan subcarrier spacing} = 15.625$$

$$\text{Value} = 1000$$

$$(1 / 15.625) * 1000 = 64 \mu\text{sec}$$



- *Guard periode for symbol time* =  $\mu\text{sec}$

$$(1/32) * (1/\Delta F)$$

$$(1/32)$$

$$(1/\Delta F) = 64$$

$$\text{Value} = 1000$$

$$(1/32 * 64) = 2 \mu\text{sec}$$

- *Total symbol time* =  $\mu\text{sec}$

*Symbol time + guard period*

$$\text{Symbol time} = 64 \mu\text{sec}$$

$$\text{Guard periode} = 2 \mu\text{sec}$$

$$64 + 2 = 66 \mu\text{sec}$$

- *Single subcarrier baudrate* = Kbaud

$$1 / (T_s) * 1000$$

$$\text{Value} = 1$$

$$T_s = 66 \text{ (hasil perhitungan total symbol time)}$$

$$\text{Value} = 1000$$

$$(1 / 66) * 1000 = 15.1515152 \text{ Kbaud}$$

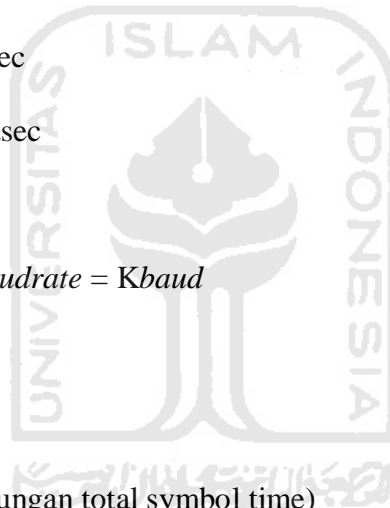
- *Total data channel baudrate* = Kbps

$$(N_{used} * (1/T_s))$$

$$N_{used} = 192$$

$$(1/T_s) = 15.1515152 \text{ Kbaud}$$

$$192 * 15.1515152 = 2909.09092 \text{ Kbps}$$



- *Throughput*

(*coding rate* \* bits/ baud \* Total *Data channel baud rate*)

$$\text{Coding rate} = 1/2$$

$$\text{Bit/baud} = 1$$

$$\text{Total data channel baut rate} = 2\,909.09092 \text{ Kbps}$$

$$(1/2 * 1 * 2\,909.09092) = 1454.54546$$

- *Spectral effisiensi*

(BITS / bandwidth choice pada Hz (3500))

$$\text{Bits} = 1454.54546$$

$$\text{Bw} = 3500 \text{ Hz}$$

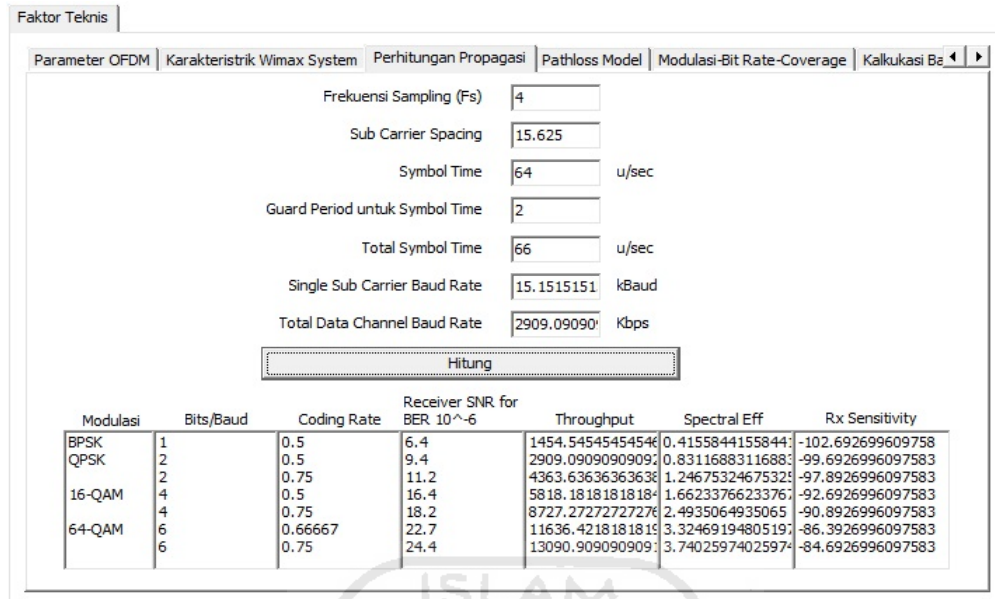
$$1454.54546 / 3500 = 0.415584417$$

- *Rx sensitivity*

$$R_{ss} = -102 + \text{SNR}(\text{Rx}) + 10 * \text{Log}(F_s * (N_{used}/N_{fft}) * (N_{subchannels}/16)) \quad (4.1)$$

$$R_{ss} = -102 + 6.4 + 10 * \text{LOG}((4 * (200/256) * (1/16)))$$

$$= -102.6926996$$



Gambar 4.3. Simulasi propagasi

#### 4.1.1.4 Path loss

$$Path Loss (PL) = A + 10 \gamma \log (d/d_0) + \Delta L_f + \Delta L_h + S \quad \text{for } d > d_0 \quad (4.2)$$

$$A = 20 \log (4 \Pi d_0 / \lambda)$$

$\lambda$  = panjang gelombang

$\gamma$  =  $(a - b \text{ hb} + c / \text{hb})$  faktor a,b, dan c adalah faktor *terrain*

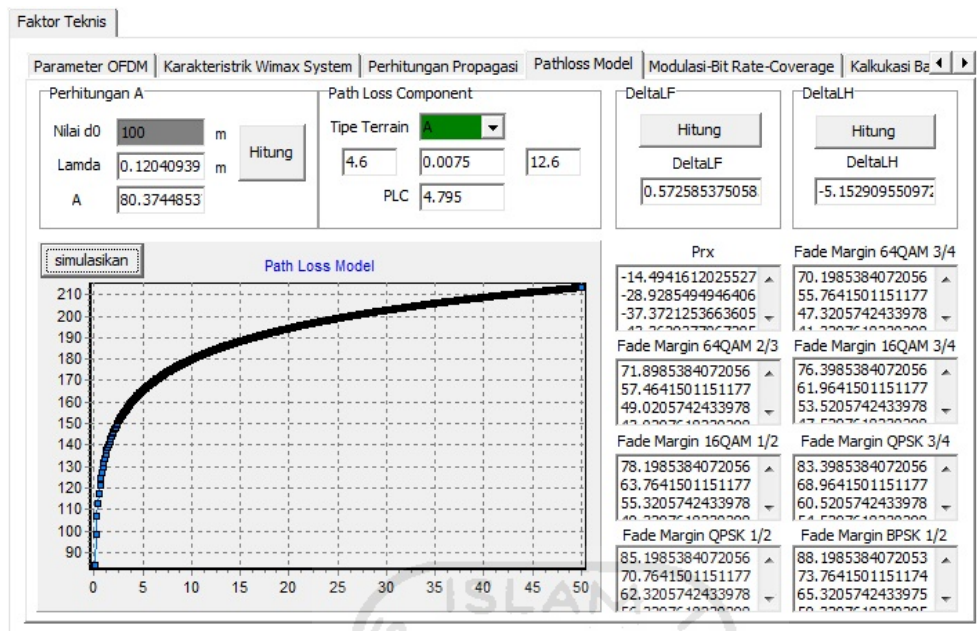
hb = menyatakan tinggi antenna *base station* (antara 20 – 80 meter)

$d_0$  = 100 (meter merupakan jarak acuan pengukuran)

s = faktor efek *shadowing* berkisar antara 8.6 – 10.2 dB

$\Delta PL_f$  =  $(6 \log(f/2000))$  faktor koreksi terhadap frekuensi kerja empiris (f=MHz)

$\Delta PL_h$  = faktor koreksi terhadap tinggi antenna *remote* "2 meter"



Gambar 4.4 Simulasi path loss

#### 4.1.1.5 Modulasi bit rate coverage

- *Spectral efficiency*

(Bits / bandwidth choice) = bits/sec/Hz

Bits = 1.454

Bw = 3.5 MHz

$1.454 / 3.5 = 0.415428571$  bit/sec/Hz

- *Modulation coverage area (Km)*

$Bpsk \frac{1}{2} = (22/7 * 10 * 10) - (Qpsk \frac{1}{2} + Qpsk \frac{3}{4} + 16Qam \frac{1}{2} + 16Qam \frac{3}{4} + 64Qam \frac{2}{3} + 64Qam \frac{3}{4})$

$(22/7 * 10 * 10) = 314.285714$

$(40.73 + 84.23 + 17.13 + 34.70 + 7.26 + 43.03) = 227.08$

$$314.285714 - 227.08 = 87.205714$$

- Coverage (%)

$$\text{Hasil perhitungan modulation coverage area} / (22/7 * 10 * 10) * 100$$

$$\text{Hasil perhitungan modulation coverage area} = 87.21$$

$$(22/7 * 10 * 10) * 100 = 31\,428.5714$$

$$87.21 / (22/7 * 10 * 10) * 100 = 27.7486364 \%$$

Faktor Teknis

Parameter OFDM | Karakteristik Wimax System | Perhitungan Propagasi | Pathloss Model | Modulasi-Bit Rate-Coverage | Kalkulasi Be

Band Spectrum: 2491.5 MHz

| Rx Sensitivity     | Max Bit Rate (Mbps) | Spectral Eff (bit/sec/Hz) | Max Coverage (in km) | Modulation Covered Area | % Coverage in Range |
|--------------------|---------------------|---------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|
| -102.6926996097583 | 1.45454545454546    | 0.415584415584417         | 4.3                  | 12.7285714285715        | 21.9037317468903    |
| -99.6926996097583  | 2.90909090909092    | 0.831168831168834         | 3.8                  | 9.0514285714285         | 15.5759870200107    |
| -97.8926996097583  | 4.36363636363638    | 1.24675324675325          | 3.4                  | 13.42                   | 23.0935640886966    |
| -92.6926996097583  | 5.81818181818184    | 1.66233766233767          | 2.7                  | 3.2685714285715         | 5.62466197944847    |
| -90.8926996097583  | 8.72727272727276    | 2.4935064935065           | 2.5                  | 7.0714285714285         | 12.1687398593833    |
| -86.3926996097583  | 11.6364218181819    | 3.32469194805197          | 2                    | 1.2257142857143         | 2.10924824229316    |
| -84.6926996097583  | 13.0909090909091    | 3.74025974025974          | 1.9                  | 11.3457142857143        | 19.5240670632775    |

Gambar 4.5 Modulasi bit rate coverage

#### 4.1.1.6 Bandwidth CPE

- Total *uplink capacity* (Mbps)

$$(\text{Total no RTU in a cell} * \text{Uplink CIR}) / 1000$$

$$\text{Total no RTU in a cell} = 130 \text{ Ea}$$

$$\text{Uplink CIR} = 512 \text{ Kbps}$$

$$\text{Value} = 1000$$

$$130 * 512 = 66.560$$

$$66.560 / 1000 = 66.56 \text{ Mbps}$$

- Total *downlink capacity* (Mbps)

$$(\text{Total no RTU in a cell} * \text{Downlink CIR}) / 1000$$

$$\text{Total no RTU in cell} = 130 \text{ Ea}$$

$$\text{Downlink CIR} = 256 \text{ Kbps}$$

$$\text{Value} = 1000$$

$$130 * 256 = 33.280$$

$$33.280 / 1000 = 33.28 \text{ Mbps}$$

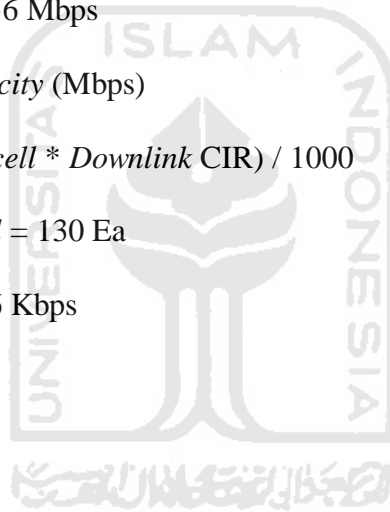
- Total *link troughput* (Mbps)

$$(\text{UL capacity} + \text{DL capacity})$$

$$\text{UL capacity} = 66.56 \text{ Mbps}$$

$$\text{DL capacity} = 33.28 \text{ Mbps}$$

$$66.56 + 33.28 = 99.84 \text{ Mbps}$$



- *Usage of total bandwidth of base station (%)*  
 (% use of active RTU at an instant / % of usage by active RTU)  
 $(90/100) = 0.45 \%$
- *Over subscriber factor for all RTU (ratio)*  
 (1 / usage of total bandwidth)  
 $(1 / 0.45) = 2.222222222$  ratio
- *No of wells with Over Subscription (Mbps)*  
 Total NO of RTU in a cell = 130 Ea  
 Over subscriber factor for all RTU = 2.222222222 rasion  
 $(130 * 2.222222222) - 130 = 158.888889$  Ea
- *CIR uplink + CIR downlink = Mbps*  
 CIR uplink = 256 Kbps  
 CIR downlink = 512 Kbps  
 Value = 1000  
 $(256 + 512)/1000 = 0.768$  Mbps

Dik : BPSK -1/2 pada modulation ratio 1.454

Untuk mencari nilai dari:

- *Utilitation of the air interface (%)*  
 Total no of RTU in a cell \* ((CIR / over subscriber station faktor for all RTU)/modulation rate))  
 Total no of RTU in a cell = 130 Ea



CIR = 0.768 Mbps

*Over subscriber station faktor for all RTU = 2.222222222 rasion*

*Modulation rate = 1.454*

$130 * (0.768/2.222222222) / 1.454 = 30.899 \%$

- Total CPE *Throughput* (Mbps in Cell)

*(Utilitation \* modulation rate)*

*Utilitation = 30.899 %*

*Modulation rate = 1.454*

$30.899 * 1.454 = 44.928 \text{ Mbps}$

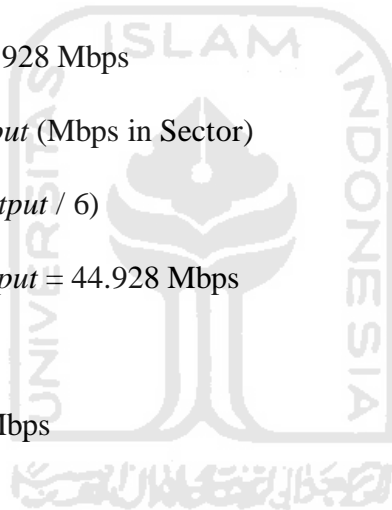
- Total CPE *Throughput* (Mbps in Sector)

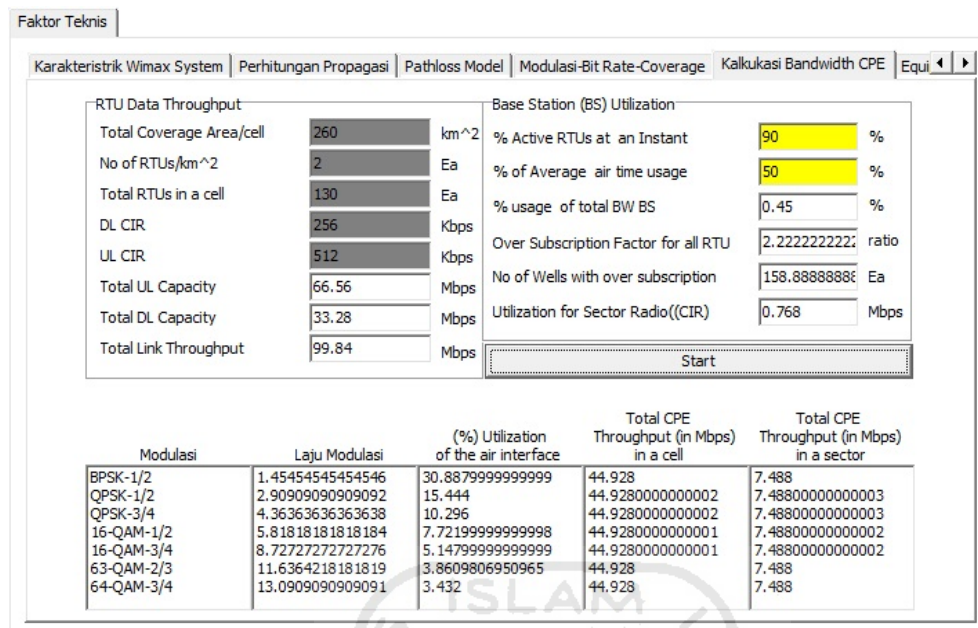
*(Total CPE Throughput / 6)*

*Total CPE Throughput = 44.928 Mbps*

*Value = 6*

$44.928 / 6 = 7.488 \text{ Mbps}$





Gambar 4.6 Bandwidth CPE

#### 4.1.1.7 Equipment capacity

- Coverage (km)

$$22 / 7 * range (km) * range (km)$$

$$Range = 10 km$$

$$22 / 7 * 10 * 10 = 314.285714 Km$$

- Capacity in a sector (Mbps)

$$(BPSK \frac{1}{2} + QPSK \frac{1}{2} + QPSK \frac{3}{4} + 16QAM \frac{1}{2} + 16QAM \frac{3}{4} + 64QAM \frac{2}{3} + 64QAM \frac{3}{4} )$$

$$(0.403485 + 0.3770064 + 1.169284 + 0.317081 + 0.9634608 + 0.2687916 + 1.792021) = 5.2911198 Mbps$$

- *Total Capacity in a Sector (Mbps) with two Carriers*

*(Capacity in a sector \* 2)*

*Capacity in a sector = 5.2911198 Mbps*

*Value = 2*

$5.2911198 * 2 = 10.5822396 \text{ Mbps}$

- *Base station dengan 6 sektor*

*(6 \* capacity in a sector)*

*Value = 6*

*capacity in a sector = 5.2911198 Mbps*

$6 * 10.5822396 = 63.4934376 \text{ Mbps}$

- *No of base station required*

*(Kebutuhan bandwidth pelanggan / base station dengan 6 sektor)*

*Kebutuhan bandwidth pelanggan = 54.064 Mbps*

*base station dengan 6 sektor = 63.4934376 Mbps*

$54.064 / 63.4934376 = 0.851489572 \text{ Mbps}$

- *BPSK - 1/2 (Capacity %)*

*(Adatale coverage % \* speed) / 100*

*Adatale coverage % = 27.75 %*

*Speed = 1.454 Mbps*

*Value = 100*

$(27.75 * 1.45400) / 100 = 0.403485 \%$

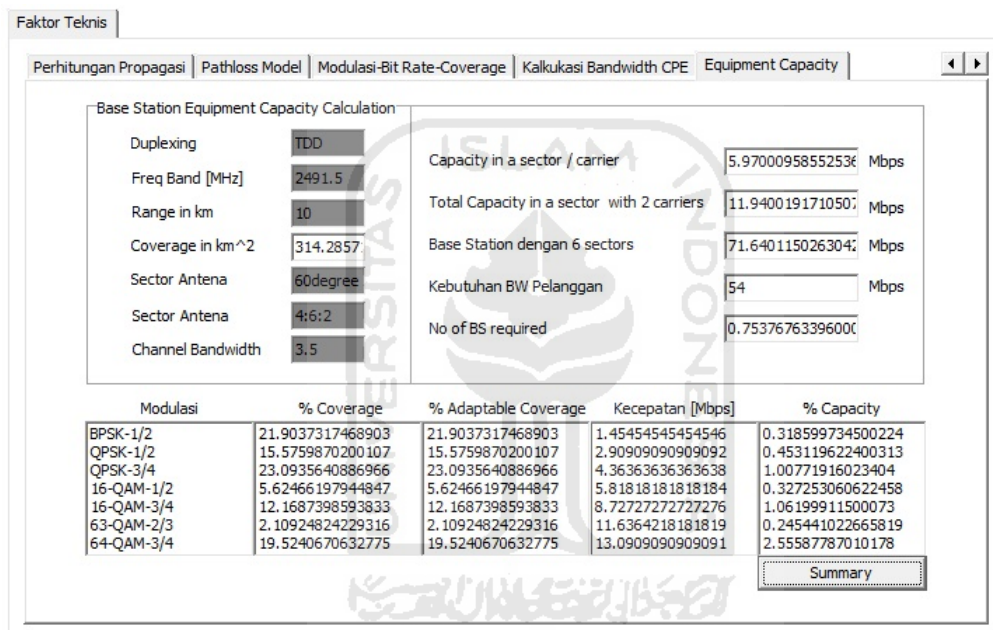
- QPSK – ½ s/d 64QAM ¾ (*Adaptable coverage % / 100*) \* *speed*

*Adaptable coverage* = 12.96 %

*Value* = 100

*Speed* = 2.909 Mbps

$(12.96 / 100) * 2.909 = 0.3770064 \%$



Gambar 4.7 *Equipment capacity*

#### **4.1.2 Pengujian aspek *non* teknis**

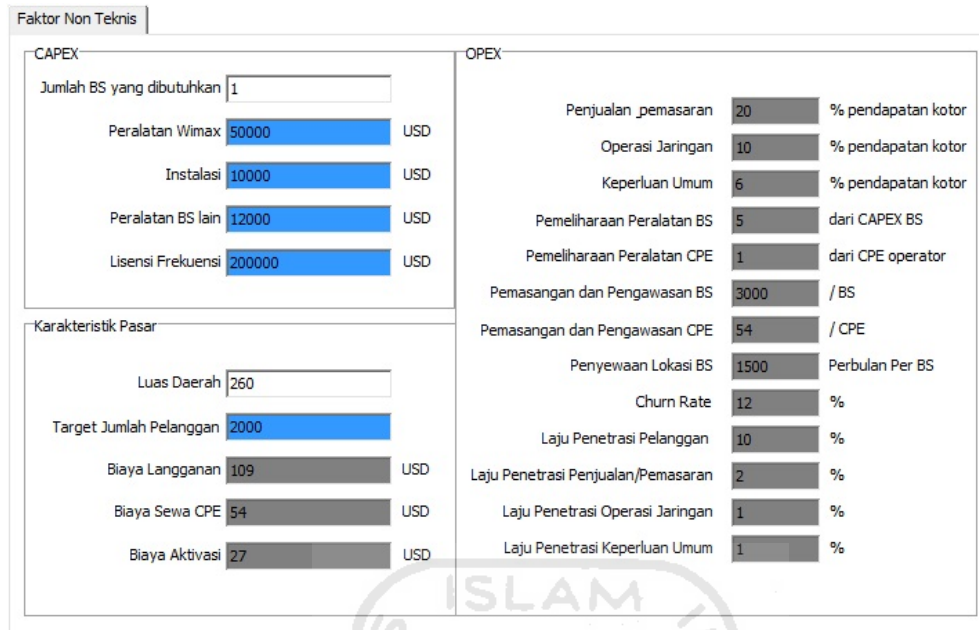
Pada faktor *non* teknis nilai input dari tahapan ini adalah perhitungan lanjutan dari faktor teknis dimana faktor teknis adalah sebagai penentu perencanaan modal awal dan biaya operasional bisnis WiMAX.

##### **4.1.2.1 CAPEX**

Secara sederhana *Capital expenditure* adalah alokasi yang direncanakan (dalam budget) untuk melakukan pembelian/perbaikan/penggantian segala sesuatu yang dikategorikan sebagai aset perusahaan secara akuntansi. Perlu diingat tidak semua perusahaan menggunakan *capital expenditure* dalam budget. Umumnya adalah perusahaan yang telah memiliki basis konsumen jangka panjang maupun jangka pendek (namun stabil) serta menggunakan modal (kapital) dalam jumlah yang besar. Seperti industri minyak dan gas, telekomunikasi dan alat-alat berat.

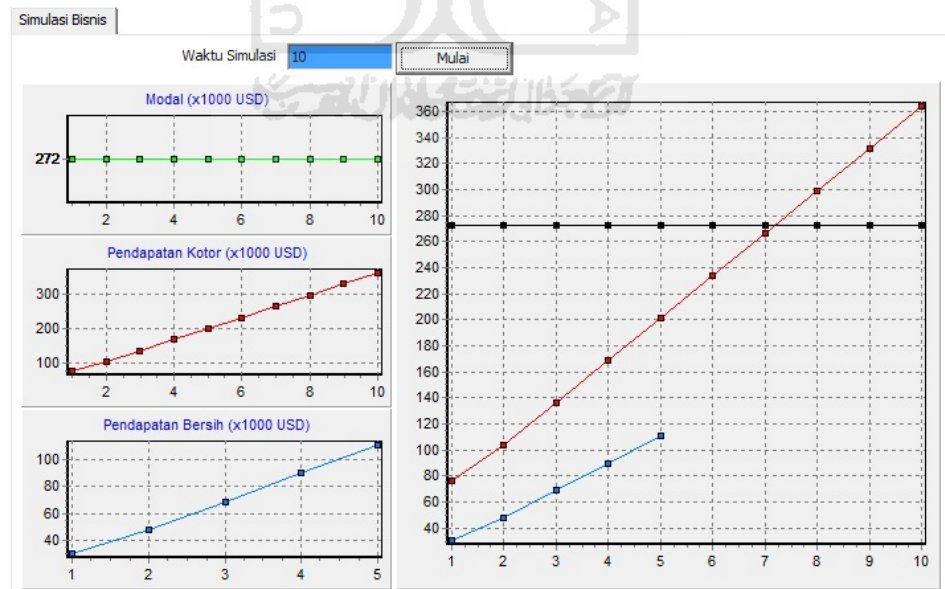
##### **4.1.2.2 OPEX**

Sedangkan *Operating expenditure* adalah alokasi yang direncanakan dalam *budget* untuk melakukan operasi perusahaan secara normal. Dengan kata lain *operating expenditure* (biaya operasi) digunakan untuk menjaga kelangsungan aset dan menjamin aktivitas perusahaan yang direncanakan berlangsung dengan baik. Karena sifatnya biaya sehari-hari maka biaya operasi tidak meliputi pajak pendapatan, depresiasi, dan biaya *financing* (bunga pinjaman).



Gambar 4.8 Faktor non teknis

## 4.2 Simulasi bisnis WiMAX



Gambar 4.9 Simulasi bisnis

#### 4.2.1 Grafik modal

Perbandingan dan hasil simulasi hasil perhitungan ekonomi dilakukan juga perhitungan waktu balik modal PBP (*Pay Back Periode*) yang dihitung dari CAPEX (*Capital Expenditur*) dan OPEX (*Operational Expenditur*) per *subscriber* dan operating *margin* per *subscriber* yang didapatkan dari nilai ARPU (*Average Revenue Per Unit*) yang telah diasumsikan. Dalam persamaan sederhana dapat dinyatakan sebagai berikut;

$$\begin{aligned} \text{PBP} &= \text{Operating Margin per subscriber} \div \text{CAPEX per subscriber} & (4.3) \\ &= (\text{ARPU} - \text{OPEX per subscriber}) \div \text{CAPEX per subscriber} \end{aligned}$$

Grafik modal adalah datar, dianggap sebagai nilai batas, bila pendapatan sudah lebih tinggi dari garis dari garis modal maka pendapatan operator pada tahun tertentu sudah merupakan balik modal.

#### 4.2.2 Grafik pendapatan bersih

Nilai 40, 60, 80 , dan 100 merupakan menyatakan nilai uang yang kemudia dikali dengan 1000 dollar. Dan garis mendatar merupakan menyatakan waktu dalam tahun.

#### 4.2.3 Grafik pendapatan kotor

Nilai 100, 200, dan 300 adalah dalam bentuk nilai uang yang terus dikali denga1000 dollar. Dan garis mendatar merupakan menyatakan waktu dalam tahun.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

- a. Teknologi WiMAX sangat potensial pemanfaatan dan peluangnya di Indonesia. WiMAX di Indonesia sangat cocok untuk mengisi wilayah-wilayah yang belum terjangkau jaringan internet, dikarenakan teknologi WiMAX memiliki area cakupan yang luas dan kecepatan yang tinggi sehingga cocok untuk diterapkan pada wilayah yang belum tercakup oleh jaringan internet.
- b. Teknologi WiMAX sebagai teknologi yang tergolong baru, bagi calon penggelar teknologi layanan WiMAX ini adalah merupakan kesempatan baik untuk menggelar bisnis layanan teknologi WiMAX sebagai media untuk mengisi area-area yang belum terjangkau oleh jaringan internet.
- c. Dibuatnya perangkat lunak simulasi bisnis WiMAX ini bertujuan untuk mempermudah dalam memberi gambaran perancangan bisnis WiMAX, seperti kebutuhan dalam penggelaran bisnis WiMAX dan bagaimana nantinya setelah bisnis tersebut berjalan dalam periode waktu tertentu.



## 5.2. Saran

- a. Pada perancangan perangkat lunak simulasi bisnis WiMAX ini memiliki kendala yang sangat serius dalam pengumpulan data-data yang akan dijadikan acuan/parameter perhitungan perancangan bisnis WiMAX secara teknis.
- b. Dalam pengembangan perangkat lunak simulasi bisnis WiMAX perlu lebih dikembangkan saat ketika teknologi WiMAX sudah benar-benar di implementasikan di Indonesia. Karena pada kasus ini perancangan perangkat lunak sangat jauh dari batas sempurna
- c. Dalam pengembangan selanjutnya agar lebih diperhatikan parameter-parameter yang akan digunakan karena bila terjadi kesalahan kecil dalam perhitungan tentu saja akan merubah nilai output yang kita inginkan dan menjadi tidak sesuai.

## DAFTAR PUSTAKA

Wibisono Gunawan, Hantoro Dwi Gunadi, Meganjaya Made, Pram Pram. Mei 2007. *Peluang dan Tantangan Bisnis WiMAX di Indonesia*

<http://www.wimaxforum.org/> *Teknologi WiMAX*

<http://wimax-indo.blogspot.com/> *WiMAX di Indonesia*

<http://id.wikipedia.org/wiki/WiMAX> *Teknologi WiMAX*

<http://www.wimax.com/> *4G Wireless Broadband Solution*

<http://opensource.telkomspeedy.com/wiki/index.php/SpeedyWiki> *WiMAX*



unit Unit1;

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,

Dialogs, StdCtrls, jpeg, ExtCtrls, ComCtrls, TeEngine, Series, TeeProcs,

Chart;

type

Button5: TButton;

Button6: TButton;

PageControl1: TPageControl;

Image2: TImage;

Image3: TImage;



TabSheet1: TTabSheet;

TabSheet3: TTabSheet;

Label13: TLabel;

Label14: TLabel;

Label15: TLabel;

Label16: TLabel;

Edit9: TEdit;

Label17: TLabel;

Edit10: TEdit;

Label18: TLabel;

Label19: TLabel;

Edit11: TEdit;

Label20: TLabel;

Label21: TLabel;

Edit12: TEdit;



Label22: TLabel;

Label23: TLabel;

Label24: TLabel;

Label25: TLabel;

edt4: TEdit;

edt5: TEdit;

edt6: TEdit;

edt7: TEdit;

edt8: TEdit;

edt9: TEdit;

lbl1: TLabel;

lbl2: TLabel;

lbl3: TLabel;

lbl4: TLabel;

lbl5: TLabel;

lbl6: TLabel;



lb17: TLabel;

lb18: TLabel;

lb19: TLabel;

lb110: TLabel;

lb111: TLabel;

lb112: TLabel;

lb113: TLabel;

lst5: TListBox;

lst6: TListBox;

lst7: TListBox;

lb130: TLabel;

lb131: TLabel;

lb132: TLabel;

lb133: TLabel;

lb134: TLabel;



grp1: TGroupBox;

lbl35: TLabel;

edt18: TEdit;

lbl36: TLabel;

lbl41: TLabel;

edt24: TEdit;

grp3: TGroupBox;

grp4: TGroupBox;

btn2: TButton;

lbl42: TLabel;

edt25: TEdit;

btn3: TButton;

lbl43: TLabel;

edt26: TEdit;

cht1: TChart;

Series1: TLineSeries;



lst8: TListBox;

lst9: TListBox;

lst10: TListBox;

lst12: TListBox;

lst23: TListBox;

lst24: TListBox;

lst25: TListBox;

lst26: TListBox;

lbl61: TLabel;

lbl62: TLabel;

lbl63: TLabel;

lbl64: TLabel;

lbl65: TLabel;

lbl66: TLabel;

grp7: TGroupBox;

lbl67: TLabel;





lbl68: TLabel;

lbl69: TLabel;

lbl70: TLabel;

lbl83: TLabel;

lbl84: TLabel;

edt40: TEdit;

lbl85: TLabel;

lbl86: TLabel;

lbl87: TLabel;

lbl88: TLabel;

lbl89: TLabel;

lbl90: TLabel;

lbl91: TLabel;

edt41: TEdit;

edt42: TEdit;

edt43: TEdit;



edt44: TEdit;

edt45: TEdit;

edt46: TEdit;

edt47: TEdit;

lbl92: TLabel;

edt61: TEdit;

edt62: TEdit;

edt63: TEdit;

lbl122: TLabel;

lbl123: TLabel;

lbl124: TLabel;

lbl125: TLabel;

lbl126: TLabel;

lbl127: TLabel;

lbl128: TLabel;

lbl129: TLabel;



lbl130: TLabel;

edt64: TEdit;

edt65: TEdit;

edt66: TEdit;

edt67:

procedure edt15Enter(Sender: TObject);

procedure edt16Enter(Sender: TObject);

procedure edt17Enter(Sender: TObject);

procedure Button7Click(Sender: TObject);

procedure btn3Click(Sender: TObject);

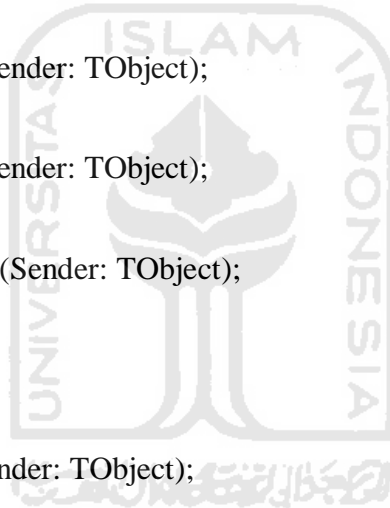
procedure Button8Click(Sender: TObject);

procedure Edit2Enter(Sender: TObject);

procedure lst16Enter(Sender: TObject);

procedure edt45Enter(Sender: TObject);

procedure edt46Enter(Sender: TObject);



```
procedure edt47Enter(Sender: TObject);
```

```
procedure edt50Enter(Sender: TObject);
```

```
procedure edt51Enter(Sender: TObject);
```

```
procedure edt52Enter(Sender: TObject);
```

```
procedure Edit23Enter(Sender: TObject);
```

```
procedure Button9Click(Sender: TObject);
```

```
private
```

```
{ Private declarations }
```

```
public
```

```
{ Public declarations }
```

```
end;
```

```
var
```



```
Form1: TForm1;
```

```
implementation
```

```
{ $R *.dfm }
```

```
function Log10(x: Real): Real;
```

```
begin
```

```
  Log10 := Ln(x) / Ln(10);
```

```
end;
```



```
procedure TForm1.edt54Enter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
  edt54.text:=edt40.text;
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.edt59Enter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
edt59.text:=FloatToStr(((Trunc(StrToFloat(edt35.text)) div 1000)*1000)+1);
```

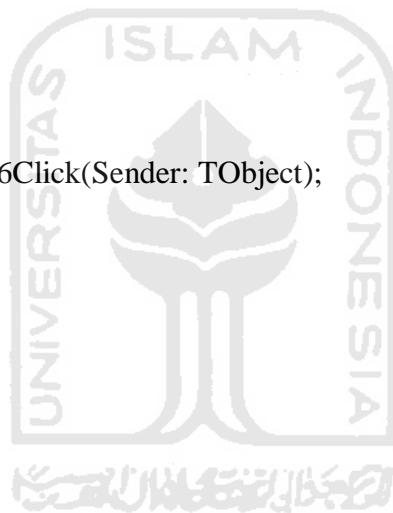
```
end;
```

```
procedure TForm1.Button6Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
Application.Terminate;
```

```
end;
```



```
PageControl1.Pages[2].TabVisible:=false;
```

```
PageControl1.Pages[3].TabVisible:=false;
```

```
PageControl1.Pages[4].TabVisible:=false;
```

```
edit1.text:='0';
```

```
edit2.text:='0';
```

```
Edit4.Text:='256';
```

```
Edit5.text:='192';
```

```
Edit9.text:='3';
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
end;
```



```
procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
PageControl1.Pages[0].TabVisible:=false;
```

```
PageControl1.Pages[1].TabVisible:=true;
```

```
PageControl1.Pages[4].TabVisible:=false;
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
PageControl1.Pages[0].TabVisible:=false;
```

```
PageControl1.Pages[1].TabVisible:=false;
```

```
procedure TForm1.Button4Click(Sender: TObject);
```

```
begin
```

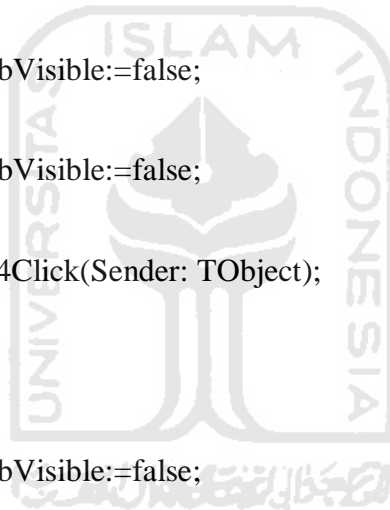
```
PageControl1.Pages[0].TabVisible:=false;
```

```
PageControl1.Pages[1].TabVisible:=false;
```

```
PageControl1.Pages[2].TabVisible:=false;
```

```
PageControl1.Pages[3].TabVisible:=True;
```

```
PageControl1.Pages[4].TabVisible:=false;
```



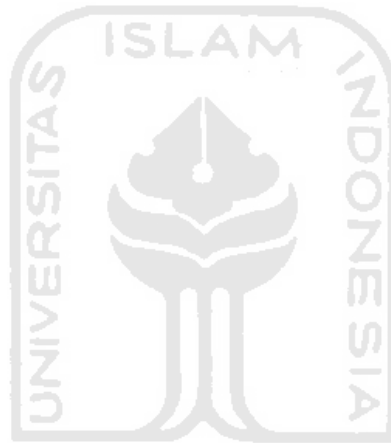


end;

procedure TForm1.Button5Click(Sender: TObject);

begin

end;



procedure TForm1.ComboBox1Change(Sender: TObject);

begin

if ComboBox1.Text='7/6 (Undersampling)' then

begin

Edit3.Text:=FloatToStr(7/6\*strtofloat(Edit1.Text));

edt10.text:=Edit3.Text;

end

else

begin

Edit3.Text:=FloatToStr(8/7\*strtofloat(edit1.Text));

edt10.text:=Edit3.Text;

end;

end;

procedure TForm1.Edit7Enter(Sender: TObject);

begin

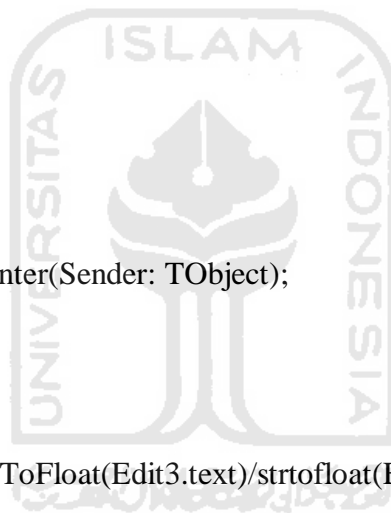
Edit7.text:=FloatToStr(StrToFloat(Edit3.text)/strtofloat(Edit4.Text));

end;

procedure TForm1.Edit10Enter(Sender: TObject);

begin

Edit10.text:=FloatToStr(StrToFloat(Edit6.text)/32);



end;

```
procedure TForm1.Edit11Enter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.Edit22Enter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
Edit22.text:=FloatToStr(-  
102+24.4+10*log10(strtfloat(Edit3.Text)*(200/256)*1/16));
```

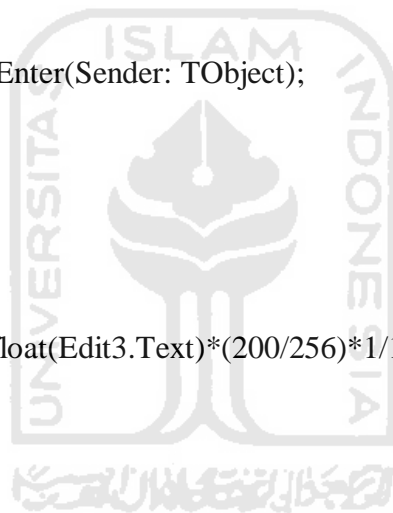
```
end;
```

```
procedure TForm1.edt11Enter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
edt11.text:=FloatToStr(StrToFloat(edt10.Text)/strtfloat(Edit4.text)*1000);
```

```
end;
```



```
procedure TForm1.edt12Enter(Sender: TObject);  
  
begin  
  
edt16.text:=FloatToStr((1/strtofloat(edt15.Text))*1000);  
  
end;
```

```
procedure TForm1.edt17Enter(Sender: TObject);  
  
begin  
  
edt17.text:=FloatToStr(192*strtofloat(edt16.Text));  
  
end;
```

```
procedure TForm1.Button7Click(Sender: TObject);  
  
var i:Integer;
```

```
x:real;
```

```
begin
```

```
x:=StrToFloat(edt17.text);
```



```
for i:=0 to 6 do
```

```
begin
```

```
lst5.Items[i]:=FloatToStr((x*strtofloat(lst2.Items[i])*strtofloat(lst3.Items[i]));
```

```
end;
```

```
for i:=0 to 6 do
```

```
begin
```

```
lst6.Items[i]:=FloatToStr(StrToFloat(lst5.Items[i])/(strtofloat(edit1.Text)*1000));
```

```
end;
```

```
for i:=0 to 6 do
```

```
begin
```

```
lst7.Items[i]:=FloatToStr(-  
102+strtofloat(lst4.Items[i])+10*log10(StrToFloat(edt10.Text)*(200/256)*(1/16))  
);
```



end;

end;

procedure TForm1.btn1Click(Sender: TObject);

begin

edt20.text:=FloatToStr(20\*log10((4\*(22/7)\*strtofloat(edt18.Text))/(300/strtofloat(edit2.text))));

end;

procedure TForm1.edt19Enter(Sender: TObject);

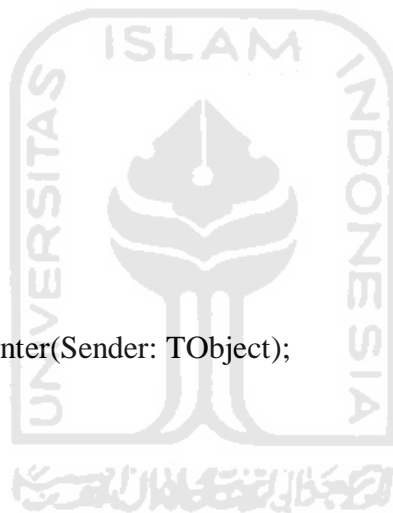
begin

edt19.Text:=FloatToStr(300/strtofloat(Edit2.Text));

end;

procedure TForm1.edt24Enter(Sender: TObject);

begin



```
edt24.text:=FloatToStr(StrToFloat(edt21.text)-  
(StrToFloat(edt22.text)*30)+(StrToFloat(edt23.Text)/30));  
  
end;
```

```
procedure TForm1.cbb1Change(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
if cbb1.Text='A' then
```

```
begin
```

```
edt21.
```

```
begin
```

```
if cbb1.Text='C' then
```

```
begin
```

```
edt26.Text:=FloatToStr(-20*log10(6/2));
```

```
end
```

```
else
```

```
begin
```

```
edt26.Text:=FloatToStr(-10.8*log10(6/2));
```



end;

end;

procedure TForm1.Button8Click(Sender: TObject);

var

d,PL:array [1..500] of real;

i:integer;

s:Real;

begin

s:=8.2;

d[1]:=0.1;

for i:=2 to 500 do

begin

d[i]:=d[i-1]+0.1;





```
end;
```

```
for i:=1 to 500 do
```

```
begin
```

```
PL[i]:=StrToFloat(edt20.text)+10*strtofloat(edt24.Text)*log10((d[i]*1000)/strtofl
```

```
oat(edt18.Text))+strtofloat(edt25.Text)+strtofloat(edt26.Text)+s;
```

```
cht1.Series[0].AddXY(d[i],PL[i]);
```

```
end;
```

```
//PRX
```

```
for i:=1 to 500 do
```

```
begin
```

```
lst8.Items[i-1]:=FloatToStr(
```

```
[i-1])-strtofloat(lst7.Items[4]));
```

```
lst12.Items[i-1]:=FloatToStr(StrToFloat(lst8.Items[i-1])-
```

```
strtofloat(lst7.Items[3]));
```



```
lst13.Items[i-1]:=FloatToStr(StrToFloat(lst8.Items[i-1])-  
strtofloat(lst7.Items[2]));
```

```
lst14.Items[i-1]:=FloatToStr(StrToFloat(lst8.Items[i-1])-  
strtofloat(lst7.Items[1]));
```

```
lst15.
```

```
x:=strtofloat(Edit8.Text);
```

```
if (x<10) then
```

```
begin
```

```
lst19.Items[0]:=FloatToStr(j/10);
```

```
Break;
```

```
end;
```

```
end;
```

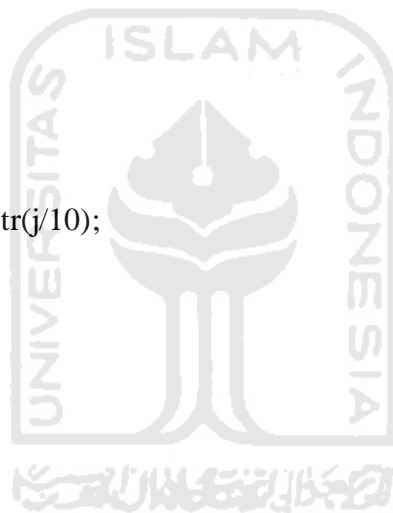
```
for j:=1 to 500 do
```

```
begin
```

```
Edit8.text:=lst14.Items[j-1];
```

```
x:=strtofloat(Edit8.Text);
```

```
if (x<10) then
```



```
begin

lst19.Items[1]:=FloatToStr(j/10);

Break;

end;

end;

for j:=1 to 500 do

begin

Edit8.text:=lst13.Items[j-1];

x:=strtofloat(Edit8.Text);

if (x<10) then

begin

lst19.Items[2]:=FloatToStr(j/10);

Break;

end;

end;

end;

for j:=1 to 500 do
```



```
begin
```

```
Edit8.text:=lst12.Items[j-1];
```

```
x:=strtofloat(Edit8.Text);
```

```
if (x<10) then
```

```
begin
```

```
lst19.Items[3]:=FloatToStr(j/10);
```

```
break;
```

```
end;
```

```
end;
```

```
for j:=1 to 500 do
```

```
begin
```

```
Edit8.text:=lst11.Items[j-1];
```

```
x:=strtofloat(Edit8.Text);
```

```
if (x<10) then
```

```
begin
```

```
lst19.Items[4]:=FloatToStr(j/10);
```



```
Break;

end;

end;

for j:=1 to 500 do

begin

Edit8.text:=lst10.Items[j-1];

x:=strtofloat(Edit8.Text);

if (x<10) then

begin

lst19.Items[5]:=FloatToStr(j/10);

Break;

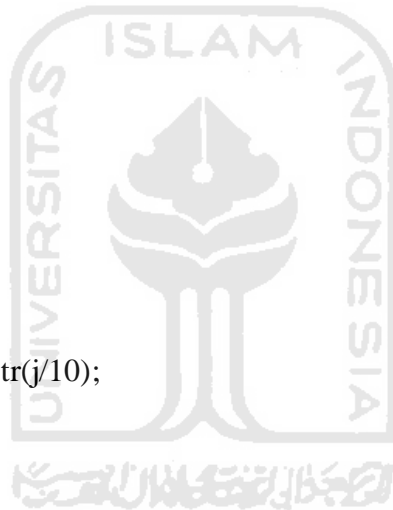
end;

end;

for j:=1 to 500 do

begin

Edit8.text:=lst9.Items[j-1];
```



```
x:=strtfloat(Edit8.Text);

if (x<10) then

begin

lst19.Items[6]:=FloatToStr(j/10);

break;

end;

end;

end;

end;

for k:=1 to 7 do

begin

lst20.Items[k-1]:=FloatToStr(22/7*strtfloat(lst19.Items[k-1])*strtfloat(lst19.Items[k-1]));

end;

for k:=1 to 6 do

begin
```



```

lst20.items[k-1]:=FloatToStr(StrToFloat(lst20.Items[k-1])-
strtofloat(lst20.Items[k]));

end;

for k:=1 to 7 do

begin

lst21.Items[k-1]:=FloatToStr(StrToFloat(lst20.Items[k-
1])/(22/7*strtofloat(lst19.Items[0])*strtofloat(lst19.Items[0]))*100);

end;

end;

procedure TForm1.edt45Enter(Sender: TObject);

begin

edt45.text:=FloatToStr((StrToFloat(edt42.text)*strtofloat(edt44.Text))/1000);

end;

```



```
procedure TForm1.edt46Enter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
edt46.Text:=FloatToStr((StrToFloat(edt42.text)*strtofloat(edt43.text))/1000);
```

```
end;
```

```
begin
```

```
edt51.text:=FloatToStr(1/strtofloat(edt50.Text));
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.edt52Enter(Sender: TObject);
```

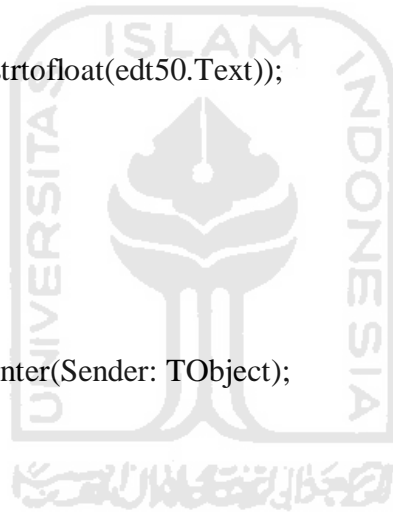
```
begin
```

```
edt52.text:=FloatToStr((StrToFloat(edt42.text)*strtofloat(edt51.Text))-  
strtofloat(edt42.Text));
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.Edit23Enter(Sender: TObject);
```

```
begin
```





```
Edit23.text:=FloatToStr((StrToFloat(edt43.text)+strtofloat(edt44.Text))/1000);
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.Button9Click(Sender: TObject);
```

```
var
```

```
  i:integer;
```

```
begin
```

```
  for i:=1 to 7 do
```

```
    begin
```

```
      lst23.Items[i-1]:=FloatToStr(StrToFloat(lst5.Items[i-1])/1000);
```

```
      lst24.Items[i-
```

```
1]:=FloatToStr(StrToFloat(edt42.text)*((StrToFloat(Edit23.text)/strtofloat(edt51.t  
ext))/strtofloat(lst23.Items[i-1])));
```

```
end;
```



```
procedure TForm1.edt31Enter(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
edt31.text:=FloatToStr((22/7)*strtofloat(edt30.Text)*strtofloat(edt30.text));
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.lst27Enter(Sender: TObject);
```

```
var i:Integer;
```

```
begin
```

```
for i:=1 to 7 do
```

```
begin
```

```
lst27.Items[i-1]:=lst22.Items[i-1];
```

```
lst28.Items[i-1]:=lst21.Items[i-1];
```

```
lst31.Items[i-1]:=lst28.Items[i-1];
```

```
lst29.Items[i-1]:=lst23.Items[i-1];
```

```
lst30.items[i-1]:=FloatToStr((StrToFloat(lst31.Items[i-1])  
1)*strtofloat(lst29.Items[i-1]))/100);
```



```
end;
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.Button10Click(Sender: TObject);
```

```
var i:integer;
```

```
y:real;
```

```
begin
```

```
  y:=0;
```

```
  for i:=1 to 7 do
```

```
  begin
```

```
    y:=y+strtofloat(lst30.items[i-1]);
```

```
  end;
```

```
  edt36.text:=FloatToStr(y);
```

```
  edt37.text:=FloatToStr(y*2);
```

```
  edt38.text:=FloatToStr(StrToFloat(edt37.text)*6);
```

```
  edt35.text:=FloatToStr(StrToFloat(edt39.text)/strtofloat(edt38.text));
```



end;

procedure TForm1.btn4Click(Sender: TObject);

var

i,tahun:integer;

bs:Real;

modal,net:Real;

gross,cust:array [1..1000] of real;

pengeluaran:real;

begin

tahun:=StrToInt(edt73.text);

//menghitung pendapatan kotor

cust[1]:=0.2\*strtofloat(edt58.Text);

gross[1]:=cust[1]\*(StrToFloat(edt55.text)+strtofloat(edt56.Text)+strtofloat(edt57.  
Text));

for i:=2 to tahun do



```

begin

    cust[i]:= (StrToFloat(Edit24.text)/100)*strtofloat(edt58.text);

    gross[i]:= (cust[i]*strtofloat(edt57.text))+((cust[i-
1]+cust[i])*(StrToFloat(edt55.text)+strtofloat(edt56.Text)));

    cust[i]:=cust[i-1]+cust[i];

end;

for i:=1 to tahun do

begin

    Chart1.Series[0].AddXY(i,gross[i]/1000);

    Chart4.Series[0].AddXY(i,gross[i]/1000);

end;

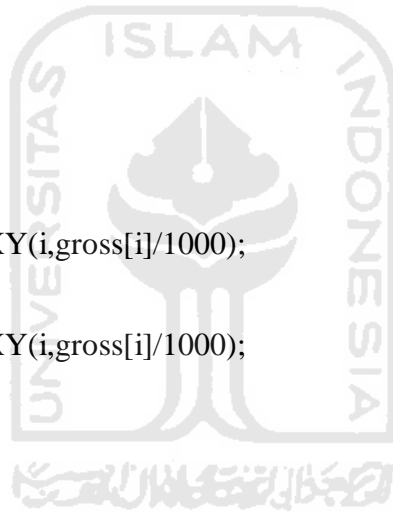
tahun:=StrToInt(edt73.text);

bs:=StrToFloat(edt59.text);

modal:=(bs*(StrToFloat(edt60.text)+strtofloat(edt61.Text)+strtofloat(edt62.Text))
)+strtofloat(edt63.Text);

Edit25.text:=FloatToStr(modal);

```



```
for i:=1 to tahun do
```

```
begin
```

```
Chart4.Series[2].AddXY(i,net/1000)
```

```
end;
```

```
end;
```

```
end.
```

