

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jaringan *Global System for Mobile Communication*

Global System for Mobile Communication atau yang biasa dikenal dengan GSM merupakan teknologi komunikasi seluler yang bersifat digital, dimana teknologi ini banyak diterapkan pada komunikasi seluler. Teknologi *Global System for Mobile* memanfaatkan gelombang mikro dan pengiriman sinyal yang dibagi berdasarkan waktu, sehingga sinyal informasi yang dikirim sampai pada tujuan.

Berdasarkan *International Telecommunication Union of Telecommunication*, layanan telekomunikasi dapat dibagi menjadi tiga macam yaitu *bearer services*, *teleservices*, dan *supplementary services*. Dimana ketiga macam layanan tersebut dapat terpenuhi menggunakan fitur - fitur yang disediakan oleh jaringan *Global System for Mobile*.

Layanan *teleservices* mendasar yang didukung oleh jaringan *Global System for Mobile* adalah *telephony* atau komunikasi suara. Dimana seperti komunikasi suara lainnya, suara di-*encode* secara digital dan di transmisikan lewat jaringan *Global System for Mobile Communication* dalam bentuk *digital stream*.

Sistem telekomunikasi *Global System for Mobile Communication* memiliki kemampuan untuk internasional *roaming*, serta memiliki sistem layanan dalam bentuk suara maupun data yang tidak bergantung terhadap waktu, tempat, dan keadaan.

Sistem GSM berbeda dengan generasi pertama dalam sistem *wireless*, dikarenakan GSM memakai teknologi digital dan metode transmisi *Time Division Multiple Access* (TDMA). Metode transmisi TDMA merupakan sistem aliran informasi yang tidak terpotong - potong pada tiap *time slot*-nya. Adapun dengan menggunakan sistem TDMA dengan alokasi kurang lebih sekitar delapan pengguna di dalam satu *channel* frekuensi sebesar 200 KHz per satuan waktu.[1]

2.1.1. Time Division Multiple Access (TDMA)

Metode akses yang digunakan pada jaringan GSM untuk berkomunikasi dua arah secara *downlink* dan *uplink* (*duplex transmission*) menggunakan teknik *Frequency Division Duplex* (FDD). Teknik FDD ini berfungsi untuk membedakan transmisi *uplink* dan *downlink*.

Frequency Division Duplex (FDD) merupakan pentransmisi komunikasi secara *uplink* dan *downlink* menggunakan frekuensi yang berbeda. Jarak antara frekuensi *uplink* dan *downlink* disebut dengan *duplexdistance*. Sedangkan *multiple access* yang digunakan pada sistem GSM adalah *multiple access* jenis *Time Division Multiple Access* (TDMA). Teknik ini digunakan untuk menghindari adanya *interference* saat melakukan kegiatan komunikasi yang dikarenakan adanya penempatan beberapa user dalam satu kanal frekuensi.

Pada TDMA, kanal frekuensi tidak secara permanen didedikasikan kepada *mobile user* secara individual, tetapi frekuensi tersebut digunakan secara bersama - sama dengan *user* lain hanya dengan waktu yang berbeda. Perbedaan waktu tersebut dibagi menjadi bagian - bagian yang dinamakan TDMA *Time slot*, yang kemudian akan diberikan secara individual kepada *mobile user*. [2]

2.1.2. Alokasi Frekuensi Global System for Mobile Communication

Sistem GSM berbeda dengan generasi pertama dalam sistem tanpa kabel, karena GSM memakai teknologi digital dan metode transmisi *Time Division Multiple Access* (TDMA). *Voice* atau suara di *encode* secara digital melalui sebuah *encoder*, yang kemudian mengemulasi karakteristik dari pembicaraan manusia.

Global System for Mobile communication (GSM) merupakan teknologi yang dapat mentransmisikan *voice* dan data, namun bit rate-nya masih kecil yaitu 9,6 kbps untuk data dan 13 kbps untuk *voice*, menggunakan teknologi *circuit switch*, artinya pembagian kanal di mana setiap satu kanal itu mutlak dimiliki oleh satu user. [3]

Alokasi frekuensi GSM yang dipakai di Indonesia sama dengan yang dipakai di sebagian besar dunia terutama Eropa yaitu pada pita 900 MHz, yang dikenal sebagai GSM900, dan pada pita 1800 MHz, yang dikenal sebagai GSM1800 atau DCS (*Digital Communication System*).

Sistem komunikasi bergerak seluler GSM mempunyai spesifikasi yang telah ditetapkan oleh *The European Telecommunications Standards Institute* (ETSI), berikut ini merupakan spesifikasi GSM 900.

Tabel 2.1. Spesifikasi GSM 900 oleh ETSI [3]

Spesifikasi	Keterangan
Lebar Pita Frekuensi	Uplink: 890 - 915 MHz
	Downlink: 935 - 960 MHz
<i>Duplex Spacing</i>	45 MHz
<i>Carrier Spacing</i> (ARFCN)	200 KHz
Kecepatan Transmisi	270 Kbps
Metode Akses	TDMA/FDD

Digital Cellular System (DCS) 1800 merupakan sistem turunan dari standar GSM yang dikembangkan oleh *The European Telecommunications Standards Institute*. DCS 1800 mempunyai bandwidth frekuensi sebesar 75 MHz atau 374 *carrier*, sehingga kapasitas trafiknya tiga kali lebih tinggi dari jaringan seluler GSM 900. Pembagian kanalnya sama dengan frekuensi GSM 900 MHz yaitu 200 KHz sehingga jumlah *carrier*-nya (ARFCN) yaitu 75 MHz/0,2 MHz menjadi 375 kanal. Penomoran kanal ARFCN-nya dimulai dari 511 dan berakhir 885. Perbedaan yang jelas nampak dari penggunaan *range* frekuensi sebagai kanal fisiknya. Karakteristik dari DCS 1800 dapat dilihat pada tabel di bawah ini.[3]

Tabel 2.2. Spesifikasi DCS 1800 oleh ETSI [3]

Spesifikasi	Keterangan
Lebar Pita Frekuensi	Uplink: 1710 - 1785 MHz
	Downlink: 1805 - 1880 MHz
<i>Duplex Spacing</i>	95 MHz
<i>Carrier Spacing</i> (ARFCN)	200 KHz
Kecepatan Transmisi	270,83 Kbps
Metode Akses	TDMA/FDD

Teknologi GSM 1800 menyediakan layanan komunikasi bergerak dasar dengan kualitas yang lebih tinggi daripada GSM versi sebelumnya. Selain itu GSM 1800 mampu mengurangi panggilan gagal (*drop calls*) dan kegagalan koneksi akibat sibuknya jaringan.[3]

2.1.3. Konsep Kanal *Global System for Mobile Communication*

Tiap slot waktu pada frame TDMA disebut *physical channel*, sehingga ada 8 kanal fisik tiap frekuensi pembawa dalam GSM. Kanal fisik dapat mengakomodasi pembicaraan, data, atau informasi pensinyalan. Kanal fisik dapat membawa informasi berbeda, tergantung dari informasi yang baru dikirimkan. Informasi tersebut disebut sebagai *logical channel*. Kanal logika dibagi menjadi dua tipe yaitu: *Traffic Channel* dan *Signaling Channel*.

2.1.3.1. *Signalling Channel*

Signalling Channel digunakan untuk pensinyalan dari MS ke BTS. *Signalling Channel* dibagi menjadi 3 jenis, yaitu :

1. *Broadcast Control Channel* (BCCH)

Broadcast Control Channel Kanal ini digunakan untuk sinkronisasi dan mengirimkan data khusus dari BTS ke MS (*downlink*). BCCH ini dibagi menjadi beberapa bagian yaitu:

a. *Frequency Correction Channel (FCCH)*

Frequency Correction Channel yang ada pada BTS memancarkan frekuensi pembawa, dimana berfungsi untuk mensinkronisasikan frekuensi yang digunakan MS dan frekuensi yang dipakai oleh BTS tempat MS berada. Bertugas pula untuk mengawasi ketepatan frekuensi agar dapat berkomunikasi dengan MS. Arahnya *downlink, point to multipoint*. Arah yang dimiliki oleh *Frequency Correction Channel* yaitu *downlink, point to multipoint*.

b. *Synchronization Channel (SCH)*

Kanal ini bertugas untuk melanjutkan kerja dari *Frequency Correction Channel* setelah bersinkronisasi dengan MS, selanjutnya dilakukan prosedur pemeriksaan untuk memeriksa informasi yang berisi *Base Station Identification Code (BSIC)*, struktur TDMA frame, dan *Broadcast Control Channel (BCCH)* yang berisi informasi mengenai *cell* mana yang akan menjadi *surfing cell*. SCCH itu sendiri digunakan untuk sinkronisasi MS ke *timeslot* pada saat MS mendapatkan frekuensi pembawa, kemudian MS mensinkronisasi dengan struktur *frame* dan mendekodekan mengenali BSIC. Arah yang dimiliki oleh SCH yaitu *downlink, point to multipoint*. *Synchronization Channel* digunakan pada saat *Channel Combination, Frequency Hopping, dan Cell Identification*.

2. *Common Control Channel (CCH)*

Kanal *Common Control Channel* digunakan untuk pengontrolan akses dari BTS atau dari MS yang bekerja pada frekuensi *uplink* dan frekuensi *downlink*. Kanal ini dibagi menjadi beberapa bagian penting yaitu:

- a. *Paging Channel*(PCH)
 Kanal ini digunakan untuk *call process* dari BTS ke MS yang bekerja pada *downlink frequency*. *Paging Channel* pada BTS memancarkan pesan *paging* untuk mengindikasikan adanya panggilan masuk atau SMS. Pesan *paging* ini, berisi nomor pelanggan yang akan dihubungi oleh jaringan. MS mengidentifikasi *Paging Channel* tiap selang waktu tertentu, dan apabila nomor yang dipanggil adalah nomor MS tersebut, maka MS tersebut akan merespon.

 - b. *Random Access Channel* (RACH)
Random Access Channel pada BTS menerima permintaan *Signaling Channel* dari MS yang digunakan untuk *call set up*. MS menjawab pesan *paging* dengan meminta kanal pensinyalan. *Random Access Channel* memiliki arah *uplink*.

 - c. *Access Grant Channel* (AGCH)
 Kanal ini bekerja pada saat proses *Signaling Channel* oleh BTS untuk MS. *Access Grant Channel* pada BTS menugaskan *Stand Alone Dedicate Control Channel* (SDCCH) untuk MS, kemudian MS menerima pesan penugasan SDCCH. Arah yang dimiliki *Access Grant Channel* adalah *downlink*.
3. *Dedicated Control Channel* (DCH)
Dedicated Control Channel mempunyai fungsi untuk mengendalikan hubungan pada saat MS melakukan atau mengendalikan hubungan pada saat MS melakukan atau menerima proses panggilan. Kanal *Dedicated Control Channel* dibagi menjadi 3 kanal penting yaitu:
 - a. *Stand Alone Dedicated Control Channel* (SADCH)
 Pada BTS berpindah ke *Stand Alone Dedicated Control Channel* dan menugaskan *Traffic Channel* (TCH) untuk memulai

pembicaraan. Pada saat MS berpindah ke *Stand Alone Dedicated Control Channel*, terjadi *proses call set-up*. MS menerima informasi *Traffic Channel* yang berupa *time slot* dan *carrier*. Selain itu *Stand Alone Dedicated Control Channel* juga digunakan untuk mengirimkan SMS, *authentication* dan fungsi *signalling* juga dilakukan oleh *channel* ini. *Stand Alone Dedicated Control Channel* bekerja pada arah *uplink* dan *downlink*.

b. *Slow Associated Control Channel (SACCH)*

Slow Associated Control Channel pada BTS menugaskan MS untuk regulasi daya pancar yang digunakan dan memberikan instruksi tentang *timing advance*. MS melakukan pengukuran daya BTS, dan BTS sekitarnya tentang kualitas sinyal, fungsi ini dilakukan terus menerus selama pembicaraan. Pada BTS, informasi spesifik jaringan ditransmisikan menggunakan *Slow Associated Control Channel*, sehingga menjaga MS agar selalu *up to date* pada tiap perubahan parameter *cell*. *Slow Associated Control Channel* bekerja pada arah *uplink* dan *downlink*.

c. *Fast Associated Control Channel (FACCH)*

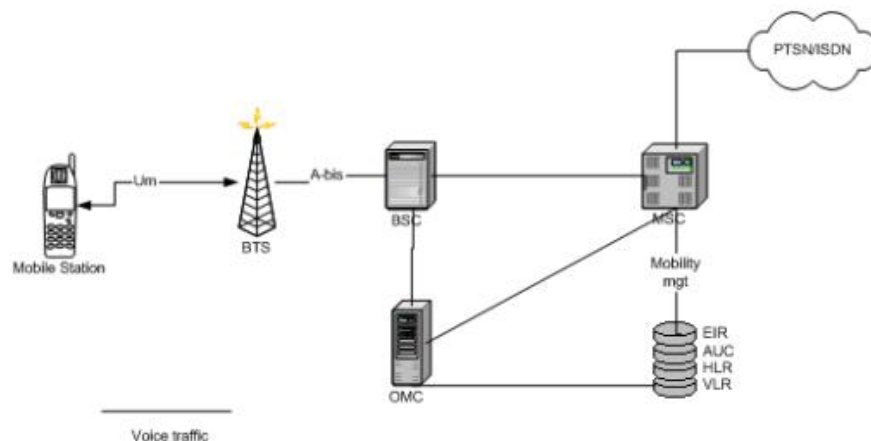
Fast Associated Control Channel akan diaktifkan pada saat memerlukan penambahan *signalling* pada situasi mendesak, seperti pada saat *handover*. *Fast Associated Control Channel* berfungsi untuk mengirimkan sinyal selama proses akan melakukan pembicaraan (*call set-up*), mengirimkan perintah – perintah *handover* dari *Base Station Controller*, mengakhiri pembicaraan setelah hubungan terputus. BTS memancarkan informasi *handover*, dan MS memancarkan informasi *handover* yang penting. *Fast Associated Control Channel* bekerja pada arah *uplink* dan *downlink*.

2.1.3.2. Traffic Channel (TCH)

Traffic Channel (TCH) digunakan untuk mengirimkan *code speech* dan data informasi dari MS . Ada dua bentuk *Traffic Channel* yang didefinisikan sebagai *Full Rate Traffic Channel* dan *Half Rate Traffic*. *Full Rate Traffic* yaitu *Traffic Channel* yang mengirimkan *code speech* pada *air interface* dengan kecepatan 13 kbit/s dan 9,6 kbit/s untuk data informasi. *Half Rate Traffic Channel* yaitu *Traffic Channel* yang mengirimkan *code speech* pada *air interface* dengan kecepatan 6.5 kbit/s dan 4.8 kbit/s untuk data informasi. Adapun, diantara sistem yang kapasitas ke suaranya paling baik yaitu TCH *Full Rate Traffic*.

2.2. Arsitektur Jaringan Global System for Mobile Communication

Secara umum, jaringan *Global System for Mobile* terdiri dari empat *network element* yaitu *Mobile Station*, *Base Station Subsystem*, *Network Subsystem*, dan *Operation and Support System*. Berikut ini merupakan gambar arsitektur jaringan *Global System for Mobile Communication*.



Gambar 2.1. Arsitektur Jaringan GSM [5]

2.2.1. Mobile Station

Mobile station merupakan perangkat yang digunakan oleh *user* untuk dapat memperoleh layanan komunikasi bergerak. Dimana, *mobile station*

dilengkapi sebuah *smartcard* atau yang biasa disebut *Subscriber Identity Module* yang berisi nomor identitas *user*. [6]

2.2.2. Base Station System

Base Station System merupakan bagian yang menyediakan interkoneksi dari *Mobile Station* ke *switching*. *Base Station System* terdiri dari:

1. *Base Transceiver Station*

Base Transceiver Station merupakan perangkat *Global System for Mobile Communication* yang berhubungan langsung dengan *Mobile Station* dan berfungsi sebagai pemancar dan penerima sinyal radio.

2. *Base Station Controller*

Base Station Controller mengontrol beberapa *Base Transceiver Station* untuk mengatur trafik yang datang dan keluar dari *Base Station Control* menuju *Mobile Switching Center* atau *Base Transceiver Station*, menangani *radio channel set up*, serta mengatur manajemen *radio resource frequency hopping*, dan *handover*.

3. *Transcoder (XCDR)*

Transcoder berfungsi untuk mengubah data atau suara keluaran dari *Mobile Switching Center* (64 kbps) menjadi 16 kbps untuk efisiensi kanal transmisi atau trafik.

2.2.3. Networking Switching System

Networking Switching System berfungsi sebagai *switching* pada jaringan *Global System for Mobile Communication*, manajemen jaringan, dan sebagai *interface* antara jaringan *Global System for Mobile Communication* dengan jaringan lainnya. Adapun *Networking Switching System* terdiri dari:

1. *Mobile Switching Center*

Mobile Switching Center merupakan sebuah titik penyambungan utama untuk teknologi *Global System for Mobile*, yang bertanggung

jawab untuk menangani beberapa panggilan suara dan sms. *Mobile Switching Center* berfungsi membangun dan merealisasikan hubungan *end-to-end*, mengatur pergerakan *user*, dan permintaan *handover* selama panggilan berlangsung, serta melakukan perhitungan biaya dan *monitoring* terhadap pencatatan penggunaan layanan.[7]

2. *Home Location Register*

Home Location Register berfungsi sebagai penyimpanan semua data dan informasi mengenai *user* yang tersimpan secara permanen. *Home Location Register* bertindak sebagai pusat informasi pelanggan yang setiap waktu diperlukan oleh *Visitor Location Register* untuk merealisasikan terjadinya komunikasi antar *user*.

3. *Visitor Location Register*

Visitor Location Range bertindak sebagai *data base user* yang bersifat dinamis, dikarenakan selalu berubah setiap waktu menyesuaikan dengan pelanggan yang memasuki atau berpindahan *Mobile Switching Center*. Adapun data yang tersimpan dalam *Visitor Location Register* secara otomatis akan selalu berubah mengikuti pergerakan *user*, dengan demikian posisi *user* dapat selalu dimonitor. Dimana hal tersebut memungkinkan *Mobile Switching Center* melakukan interkoneksi pembicaraan dengan *user* lainnya.

4. *Authentication Center*

Sebelum proses penyambungan *switching* dilaksanakan, sistem terlebih dahulu akan memeriksa keabsahan *user* yang akan mengadakan pembicaraan. *Authentication Center* menyimpan informasi mengenai *authentication* dan *chipering key* untuk memeriksa keabsahan pelanggan, sehingga usaha untuk mencoba

mengadakan hubungan pembicaraan bagi pelanggan yang tidak sah dapat dihindarkan.

5. *Equipment Identity Register*

Equipment Identity Register memuat data - data pelanggan yang dibagi atas tiga kategori yaitu, peralatan yang diijinkan untuk mengadakan hubungan pembicaraan kemanapun, peralatan yang dibatasi dan hanya diijinkan mengadakan hubungan pembicaraan ke tujuan yang terbatas, serta peralatan yang sama sekali tidak diijinkan untuk berkomunikasi.

6. *Inter Working Function*

Inter Working Function melakukan adaptasi *data rate* antara *Public Land Mobile Network* dengan jaringan lain yang sudah ada.

7. *Echo Cancellor*

Echo Cancellor bertugas untuk menekan *echo* untuk semua kotak suara.

2.2.4. Operation and Maintenance System

Operation and Maintenance System mengijinkan *network provider* untuk membentuk dan memelihara jaringan dan lokasi sentral. *Operation and Maintenance System* terdiri dari:

1. *Operation and Maintenance Center*

Operation and Maintenance Center merupakan pusat pengontrolan operasi dan pemeliharaan jaringan. Adapun fungsi utamanya mengawasi alarm perangkat dan perbaikan terhadap kesalahan operasi.

2. *Network Management Center*

Network Management Center berfungsi melakukan pengontrolan operasi dan pemeliharaan jaringan yang lebih besar dari *Operation and Maintenance Center*.

2.3. Parameter Kualitas Panggilan Jaringan *Global System for Mobile Communication*

Quality of Service merupakan suatu pengukuran mengenai seberapa baik jaringan berperilaku, dan merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat layanan - layanan tertentu.

Quality of Service mengacu pada kemampuan jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik pada trafik jaringan tertentu melalui teknologi yang berbeda - beda. Dimana, *Quality of Service* bertujuan untuk memuaskan kebutuhan - kebutuhan layanan yang berbeda menggunakan infrastruktur yang sama, dan menawarkan kemampuan untuk mendefinisikan kelengkapan layanan jaringan yang disediakan, baik dari segi kualitatif dan kuantitatif.

Sehingga, *Quality of Service* merupakan hasil kolektif dari berbagai kriteria performansi dalam rangka mengoptimalkan kapasitas jaringan untuk berbagai jenis layanan, yang terdiri dari parameter sebagai berikut:

1. *Receive Signal Level (Rx Lev)*

Receive Signal Level merupakan tingkat kuat level sinyal penerima di MS (rentang dalam minus dB), makin kecil nilainya semakin lemah sinyalnya. Pengukuran RxLev dapat digunakan untuk memverifikasi cakupan *site* ke *site* BS (Base Station) yang dipilih. Selain itu, dengan adanya nilai RxLev juga dapat diperlihatkan sebuah gambaran bagaimana cakupan yang bagus yang disediakan dari *site* ke *site* BS dan seberapa besar interferensi yang dihasilkan.

Tabel 2.3. Standar Kualitas Rx Lev [8]

Nilai Rx Lev (dBm)	Kualitas
0 s/d -85	Baik

-85 s/d -95	Cukup
-95 s/d -120	Buruk

2. *Receive Signal Quality (Rx Qual)*

Receive Signal Quality merupakan tingkat kualitas sinyal penerima di MS (rentangnya skala 0-7), makin besar nilainya semakin jelek kualitas sinyalnya. Pengukuran RxQual dapat digunakan untuk memverifikasi cakupan *site-site* BS (*Base Station*) yang dipilih. Selain itu, dengan adanya nilai RxQual juga dapat diperlihatkan sebuah gambaran bagaimana cakupan yang bagus yang disediakan dari *site - site* BS dan seberapa besar interferensi yang dihasilkan.[9]

Tabel 2.4. Standar Kualitas Rx Qual

Nilai Rx Qual	Kualitas
0 - 3	Baik
4 - 5	Cukup
6 - 7	Buruk

3. *Speech Quality Indicator*

Speech Quality Indicator merupakan indikator kualitas suara dalam keadaan *dedicated* atau menelpon dengan rentang - 20 s.d 30. Semakin besar nilai SQI, semakin baik pula kualitas suara.[9]

Tabel 2.5. Standar Kualitas SQI [10]

Nilai SQI	Kualitas
>18	Baik
< 18	Buruk

2.4. *Software Defined Radio*

Software Defined Radio merupakan sistem komunikasi radio, dimana komponen yang biasanya diimplementasikan dalam perangkat keras seperti *mixer*,

filter, amplifier, modulator, demodulator, dan lain sebagainya diimplementasikan dalam perangkat lunak pada PC atau *embedded system*. *Software Defined Radio* (SDR) merupakan teknologi komunikasi berbasis nirkabel yang fungsinya ditentukan oleh perangkat lunak.

Software Defined Radio merupakan suatu konsep sistem komunikasi radio yang komponennya berupa *hardware* dan diatur oleh *software*. *Software Defined Radio* mampu menerjemahkan sinyal yang ditangkap oleh perangkat keras yang berupa *transmitter/ receiver Software Defined Radio* yang kemudian akan diterjemahkan kedalam komputer sebagai proses dekoding sinyal itu sendiri.

Adapun fitur yang ditawarkan oleh *Software Defined Radio* antara lain mampu melakukan modifikasi atau mengganti program yang ada, sehingga dapat mengubah fungsi perangkat secara total, dapat mengaplikasikan beberapa layanan berupa suara, teks, data, atau jenis layanan lainnya, dan juga dapat beroperasi menggunakan beragam standar yang ada. Selain itu, tujuan ideal dari *Software Defined Radio* adalah kemampuannya untuk berkomunikasi dengan frekuensi, *bandwidth*, teknik modulasi, serta tingkat data sesuai keinginan pengguna dengan mengoperasikan *software* yang digunakan.

Software Defined Radio memiliki sifat fleksibel dan dapat dikonfigurasi ulang sehingga perubahan standar dapat dilakukan pada perangkat lunak tanpa harus mengganti perangkat kerasnya. Sehingga *Software Defined Radio* sangat fleksibel dan dapat memungkinkan pembuatan *prototype* protokol komunikasi dengan cepat.

2.5. Hardware Pendukung

Pada tugas akhir ini, penelitian dilakukan menggunakan *Software Defined Radio*, yang merupakan suatu konsep sistem komunikasi radio dengan komponennya berupa *hardware* dan diatur oleh *software*. Adapun pada bagian *hardware* yang digunakan terdiri dari beberapa perangkat seperti Raspberry Pi, kartu microSD, BladeRF x40, antena Quad Band, Kartu SIM, Kartu microSD, dan SIM Card Writer. Adapun perangkat - perangkat yang digunakan pada tugas akhir ini akan dijelaskan di bawah ini.

2.5.1. Raspberry Pi 3B

Raspberry Pi merupakan sebuah *Single Board Computer* seukuran kartu kredit. Raspberry Pi dilengkapi dengan semua fungsi layaknya sebuah komputer lengkap, menggunakan SoC (*System-on-a-chip*) ARM yang dikemas dan diintegrasikan di atas PCB. Perangkat ini menggunakan kartu SD untuk *booting* dan penyimpanan jangka panjang.[13]

Nama Raspberry Pi diambil dari nama buah, yaitu buah Raspberry, sedangkan Pi diambil dari kata Python, yaitu nama dari sebuah bahasa pemrograman. Python dijadikan bahasa pemrograman utama dari Raspberry Pi, namun tidak tertutup kemungkinan untuk menggunakan bahasa pemrograman lain pada Raspberry Pi.



Gambar 2.2. Modul Raspberry Pi 3 B [14]

Raspberry Pi direkomendasikan dalam pengerjaan proyek - proyek yang membutuhkan daya rendah. Raspberry Pi bersifat *open source* (berbasis Linux), dimana Raspberry Pi dapat dimodifikasi menggunakan Debian GNU/Linux dan bahasa pemrograman *Python*. Raspberry Pi memiliki komponen yang hampir serupa dengan PC pada umumnya, seperti CPU, GPU, RAM, Port USB, Audio Jack, HDMI, Ethernet, dan GPIO. Untuk tempat penyimpanan data dan sistem operasi Raspberry Pi tidak menggunakan *harddisk drive* (HDD) melainkan menggunakan Micro SD dengan kapasitas paling tidak 4GB, sedangkan untuk sumber tenaga berasal dari *micro USB power* dengan sumber daya yang direkomendasikan yaitu sebesar 5V dan minimal arus 700 mA.

Raspberry Pi memiliki dua model yaitu model A dan model B, dimana perbedaan model A dan B terletak pada memori yang digunakan. Pada Raspberry Pi model A digunakan memori 256 MB, sedangkan pada model B 512 MB. Selain itu, model B juga sudah dilengkapi dengan *Ethernet Port* (kartu jaringan) yang tidak terdapat pada model A.

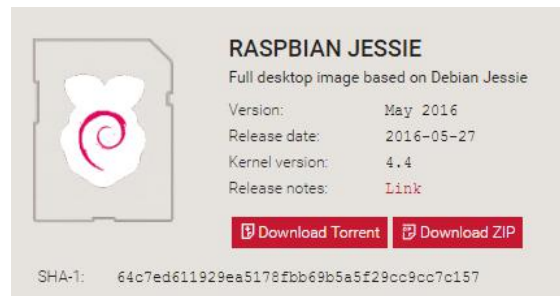
Raspberry Pi 3B merupakan generasi ketiga dari keluarga Raspberry Pi, memiliki RAM 1GB dan grafiis *Broadcom VideoCore IV* pada frekuensi *clock* yang lebih tinggi dari sebelumnya yang berjalan pada 250 MHz.

Layaknya sebuah PC, Raspberry Pi membutuhkan *Operating System* (OS) agar dapat digunakan. OS ini disimpan dalam microSD *card* yang digunakan juga untuk media penyimpanan data seperti halnya *harddisk*. OS yang digunakan untuk raspberry Pi merupakan varian dari OS Linux.

2.5.1.1. Sistem Operasi Raspberry Pi 3B

Untuk memulai menggunakan Raspberry Pi dibutuhkan suatu *Operating System* (OS), yang merupakan perangkat lunak sistem yang mengatur sumber daya dari perangkat keras dan perangkat lunak, serta sebagai jurik (*daemon*) untuk program komputer. Tanpa sistem operasi, pengguna tidak dapat menjalankan program aplikasi pada komputer mereka, kecuali program *booting*. Adapun, sistem operasi mempunyai penjadwalan yang sistematis mencakup perhitungan penggunaan memori, pemrosesan data, penyimpanan data, dan sumber daya lainnya.

Sejak tahun 2015, yayasan Raspberry Pi telah secara resmi menyediakan sistem operasi utama untuk Raspberry Pi yang biasa dikenal dengan *Operating System* Raspbian. Dimana, Raspbian merupakan sistem operasi komputer berbasis Linux Debian yang dibuat khusus untuk Raspberry Pi. Sistem operasi ini terdapat beberapa versi yang diantaranya Raspbian Wheezy, Raspbian Jessie, Raspbian Jessie Lite, Raspbian Stretch, dan Raspbian Buster.



Gambar 2.3. Paket Sistem Operasi Raspbian Jessie Lite [15]

Pada tugas akhir ini, digunakan Raspbian Jessie Lite sebagai sistem operasi yang dijalankan pada Raspberry Pi 3B. Dapat dilihat dari nama sistem operasi ini “Jessie” merupakan *codename* untuk salah satu rilis ubuntu, yakni Debian 8. Sehingga Raspbian Jessie merupakan sistem operasi Debian yang telah dioptimalisasi dan dikhususkan untuk Raspberry Pi.

2.5.2. BladeRF x40

Software Defined Radio merupakan suatu konsep sistem komunikasi radio yang komponennya berupa *hardware* dan diatur oleh *software*. *Software Defined Radio* mampu menerjemahkan sinyal yang ditangkap oleh perangkat keras yang berupa *transmitter/ receiver Software Defined Radio* yang kemudian akan diterjemahkan kedalam komputer sebagai proses dekoding sinyal itu sendiri.

Nuand BladeRF x40 merupakan perangkat *Software Defined Radio* USB 3.0 yang beroperasi pada rentang *radio frequency* 300 MHz hingga 3,8 GHz yang memungkinkan digunakan secara langsung. Perangkat *open source* ini menawarkan dukungan terhadap *software* GNURadio yang memberikan BladeRF x40 kapasitas untuk bertindak sebagai modem RF konvensional, *Global System for Mobile Communication*, dan *Long Term Evolution pico cell*, penerima GPS, dan pemancar ANTS. BladeRF x40 memungkinkan fungsi *reprogram* mikrokontroler USB 3.0 dan *Field Programmable Gate Array* langsung melalui USB.



Gambar 2.4. Modul Nuand BladeRF x40 [16]

2.5.3. Antena Quad Band

Antena Quad Band merupakan jenis antena radio yang digunakan pada pita *High Frequency* dan *Very High Frequency*. Quad Band berasal dari Kata “*Quad*” berarti empat dan “*band*” yang berarti jarak spesifik untuk frekuensi gelombang radio. Quad band mampu menangkap 4 frekuensi gelombang radio, yaitu frekuensi 850 MHz/ 900 MHz/ 1800 MHz/ 1900 MHz. Quad Band digunakan untuk mendukung fungsi dari telepon seluler untuk usaha mempertahankan standar global yang disebut GSM (*Global System of mobile communication*).

Antena ini memiliki pola radiasi 360° atau bisa disebut dengan *omnidirectional*, dan mempunyai sudut pancaran yang besar (*wide beamwidth*) sebesar 3600. Antena ini mengirim atau menerima sinyal radio dari segala arah secara sama rata, namun area jangkauan yang dimiliki antena ini tergolong pendek.



Gambar 2.5. Antenna *Quad Band* [17]

2.5.4. Kartu SIM

Kartu SIM atau *Subscriber Identity Module* adalah sebuah kartu papan sirkuit kecil yang ditempatkan pada telepon genggam agar ponsel terhubung ke jaringan dan operator jasa telekomunikasi. Kartu SIM menyimpan informasi yang berkaitan dengan jaringan yang digunakan untuk otentifikasi (*authentication*) dan identifikasi pengguna. Data yang paling penting adalah: nomor identitas kartu (ICCID/ *Integrated Circuit Card ID*), nomor pengguna internasional (IMSI/ *International Mobile Subscriber Identity*), kunci autentikasi (Ki/*Authentication Key*), kode area (LAI/ *Local Area Identity*), dan nomor panggilan darurat operator. SIM juga menyimpan nomor layanan pusat untuk SMS (SMSC, *Short Message Service Center*), nama penyedia layanan (SPN/ *Service Provider Name*), dan lain - lain.



Gambar 2.6. Kartu SIM (*Subscriber Identity Module*) [18]

Berikut ini merupakan penjelasan lebih lengkap mengenai komponen kartu SIM.

1. *Integrated Circuit Card ID (ICCID)*

Integrated Circuit Card ID merupakan nomor registrasi manufaktur dari kartu SIM, yang dapat dilihat di belakang SIM Card dan terdiri dari 19 digit nomor. Nomor ICCD ini ditanam ke dalam Kartu SIM bersamaan dengan nomor *International Mobile Subscriber Identity*, namun nomor IMSI tidak dapat dilihat karena alasan keamanan. Kode ICCID menunjukkan identitas pembuat, tanggal produksi, tempat produksi dan informasi lainnya yang diatur standarnya oleh ITU-T.

2. *International Mobile Subscriber Identity (IMSI)*

International Mobile Subscriber Identity (IMSI) merupakan informasi yang digunakan untuk mengidentifikasi pengguna/ pelanggan operator seluler yang disimpan sebagai angka atau 64 bit *field* di kartu SIM, dimana angka tersebut dikirimkan oleh *handphone* ke jaringan seluler. IMSI juga digunakan untuk rincian data lainnya seperti (*Home Location register*) HLR dan (*Visitor Location Register*) VLR. Adapun, nomor IMSI setiap kartu berbeda - beda atau tidak mungkin terjadi duplikat dengan pengguna lainnya.

3. *Mobile Subscriber Integrated Services Digital Network Number (MSISDN)*

Mobile Subscriber Integrated Services Digital Network Number (MSISDN) atau lebih dikenal dengan nomor HP. Adapun MSISDN digunakan bersamaan dengan IMSI (dan ICCID di beberapa elemen tertentu) untuk melakukan identifikasi dan autentikasi apakah pengguna diperbolehkan menggunakan jaringan suatu provider tertentu. Kombinasi kode MSISDN dan IMSI kemudian akan di cari (*look up*) didalam *database* besar pelanggan yang disebut dengan HLR (*Home Location*

Register), yang mana jika kombinasi tersebut terdapat di HLR *provider* akan memberikan layanan terhadap pelanggan tersebut.

4. *Mobile Country Code (MCC)* dan *Mobile Network Code (MNC)*

Kode seluler negara atau kode jaringan seluler adalah kode numerik pendek yang digunakan dalam mengidentifikasi stasiun seluler dalam jaringan telepon nirkabel (GSM, UMTS) di seluruh dunia. Kode negara seluler (*Mobile Country Code/ MCC*) sering digunakan bersama dengan kode jaringan seluler (*Mobile Network Code/ MNC*) yang mengidentifikasi jaringan penyedia seluler Anda. Adapun kode seluler negara Indonesia adalah 510.

5. *Authentication Key (Ki)*

Kartu SIM berisi kunci privat atau lebih umum kunci simetris yang disebut "Ki", dimana kartu SIM dirancang untuk tidak pernah mengungkapkan kunci ini ke dunia luar. Kartu SIM itu sendiri memiliki langkah - langkah keamanan fisik untuk membuat membaca kunci dari kartu menjadi sangat sulit tanpa merusak kartu asli dan data yang disimpan dalam kartu. *Authentication Key* disimpan dalam *database* atau yang diistilahkan *Authentication Center (AuC)* di jaringan operator.

6. *Local Area Identity (LAI)*

Subscriber Module Identity (SIM) menyimpan informasi status jaringan, yang diterima dari *Location Area Identity (LAI)*. Jaringan operator dibagi menjadi lokasi area, yang masing - masing memiliki nomor LAI yang unik. Ketika perangkat mengubah lokasi, ia menyimpan LAI baru ke SIM dan mengirimkannya kembali ke jaringan operator dengan lokasi barunya. Sehingga jika perangkat didaur ulang daya, perangkat akan mengeluarkan data dari SIM, dan mencari data LAI sebelumnya.

2.5.5. Kartu MicroSD

MicroSD adalah kartu memori *non-volatile* yang dikembangkan oleh SD Card Association yang digunakan dalam perangkat portable. Saat ini, teknologi microSD sudah digunakan oleh lebih dari 400 merek produk serta dianggap sebagai standar industri de-facto.

Kartu *Secure Digital* (SD) merupakan *memory card flash* dengan ukuran *ultra* kecil yang dirancang untuk menyediakan memori berkapasitas tinggi. Umumnya ukuran SD Card ukuran 32 x 24 x 2,1 mm dan berat sekitar 2gram. Tersedia dalam beragam kapasitas mulai dari 16 Megabyte sampai 1 Gigabyte. Saat ini *memory card* yang paling sering digunakan adalah SD *card*, digunakan pada perangkat elektronik seperti kamera digital, PDA, dan lain - lain.

MicroSD dapat digunakan secara langsung dalam *slot* microSD dengan *adaptor* pasif seerhana karena meskipun kartu berbeda dalam ukuran tetapi tidak untuk listrik *interface*. Dengan *adaptor* elektronik aktif, kartu SD dapat digunakan dalam *CompactFlash* atau kartu PC *slot*. Beberapa SD termasuk konektor USB kompatibel dengan laptop dan komputer *desktop* serta *Card Reader* sehingga memungkinkan kartu yang diakses melalui *port* konektivitas seperti FireWire, *port* printer paralel bahkan dari Floopy disk dan FlashPath *adaptor*.



Gambar 2.7. Kartu MicroSD [19]

2.5.6. SIM Card Writer

SIM *writer* atau dapat juga disebut sebagai SIM editor, berfungsi untuk membaca, meng- *edit*, membuat cadangan direktori telepon dan SMS.



Gambar 2.8. SIM Card Writer [20]

2.5.7. Card Reader

Card reader merupakan perangkat input yang digunakan untuk membaca kartu memori. *Card reader* bisa menjadi perangkat mandiri yang terhubung ke komputer atau terintegrasi ke printer, scanner, mesin fotokopi dan perangkat multifungsi. Adapun kegunaan utama dari *card reader* adalah menjadi perantara antara kartu memori dengan komputer, handphone atau kamera digital, yang memungkinkan untuk mengakses dan memindahkan data sesuai keinginan. Selain itu, *card reader* berperan sebagai perangkat penyimpanan *removable* untuk berbagai perangkat yang bisa membaca alat tersebut.



Gambar 2.9. Card Reader [21]

2.6. Software Pendukung

Pada tugas akhir ini, digunakan beberapa *software* pendukung untuk mendukung kerja perangkat *Software Defined Radio* dan penyelesaian tugas akhir. Adapun pada bagian *software* yang digunakan terdiri dari beberapa perangkat lunak seperti Etcher, Advanced IP Scanner, PuTTY, VNC, YateBTS, dan Wireshark yang akan dijelaskan di bawah ini.

2.6.1. BalenaEtcher

BalenaEtcher atau yang biasa disebut dengan Etcher merupakan sebuah *open source software* yang digunakan untuk menulis file gambar seperti file .iso dan .img, serta folder zip ke media penyimpanan untuk membuat kartu SD dan *flash drive* USB. Aplikasi ini dikembangkan oleh balena, dan dilisensikan di bawah Apache License 2.0. Etcher mendukung Windows, macOS dan Linux.



Gambar 2.10. Logo BalenaEtcher [22]

2.6.2. Advanced IP Scanner

Advanced IP Scanner merupakan pemindai jaringan yang bersifat *open source* dan lintas *platform* yang dirancang agar cepat dan mudah digunakan. Aplikasi ini dapat memindai alamat IP dan port serta memiliki banyak fitur lainnya. Advanced IP Scanner banyak digunakan oleh administrator jaringan. Aplikasi ini dapat beroperasi di Linux, Windows, Mac OS X, dan mungkin mendukung platform lainnya juga.

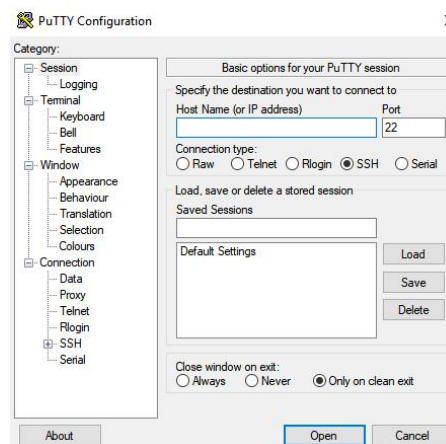
2.6.3. PuTTY



Gambar 2.11. Logo PuTTY [23]

PuTTY merupakan sebuah *program open source* yang memanfaatkan protokol jaringan seperti SSH, Telnet dan Rlogin. PuTTY memanfaatkan protokol tersebut untuk mengaktifkan sesi *remote* pada sebuah komputer melalui sebuah jaringan, baik itu LAN, maupun internet. PuTTY biasanya digunakan untuk konfigurasi server atau remot *server via console* dalam jaringan LAN, intranet maupun internet, serta serial.

Software ini biasanya digunakan oleh para pengguna komputer jaringan menengah keatas, yang biasanya digunakan untuk konfigurasi, *monitoring*, *update* sistem, rekayasa sistem atau *server*, dan lain sebagainya, yang jelas melakukan perintah *console* dari *client* PC ke *server* atau *device* yang memiliki akses untuk telnet, *serial*, ataupun ssh.



Gambar 2.12. Tampilan Awal *Software* PuTTY

Cara menggunakan *software* ini sangatlah mudah, setelah *software* *ter-download* dapat langsung dijalankan. Setelah tampilan awal PuTTY terlihat, isikan IP atau *domain* dari *server* atau *device* pada bagian *hostname*, kemudian isikan *port* ssh untuk default port 22, namun *port* ssh dapat diganti sesuai dengan *device* yang akan menggunakan sesi *remote*. Adapun tipe koneksi yang digunakan dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengguna.

2.6.4. VNC

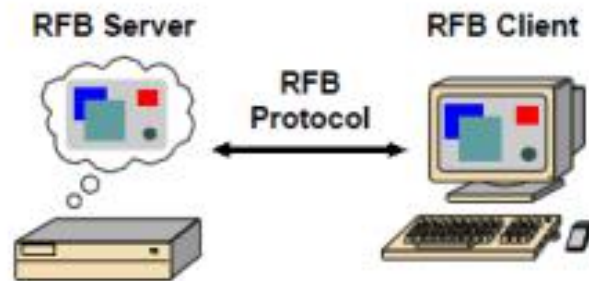


Gambar 2.13. Logo VNC Viewer [24]

Virtual Network Computing (VNC) adalah sistem *sharing desktop* yang menggunakan *RFB Protocol* untuk mengendalikan komputer lain secara *remote*. Program ini memungkinkan kita untuk melihat dan berinteraksi dengan satu komputer (“*server*”) dengan menggunakan program sederhana (“*viewer*”) pada komputer atau perangkat lain, dimanapun anda berada, dalam sebuah jaringan (*network*). VNC juga mentransmisikan keyboard dan mouse events dari satu komputer ke komputer lain, menyampaikan layar grafis update kembali ke arah lain, melalui jaringan. VNC awalnya dikembangkan di Olivetti *Research Laboratory* di Cambridge, United Kingdom. VNC dikembangkan dengan open source di bawah GNU General Public License.

VNC dapat terhubung ke server VNC pada sistem operasi yang sama atau berbeda. VNC terdiri dari client dan server VNC, dapat diimplementasikan pada berbagai sistem operasi berbasis GUI dan bahasa pemrograman Java. Beberapa *client* dapat terhubung ke satu server VNC pada

waktu yang sama. Hal ini dapat dimanfaatkan untuk mengakses *file* di komputer kerja dari komputer di rumah, atau sebaliknya.



Gambar 2.14. Sistem *Protocol* RFB (Richardson, 2010)

Sebuah VNC sistem terdiri dari client, server dan communication protocol.

1. VNC Server

VNC Server merupakan program pada komputer yang memungkinkan komputer tersebut untuk dikendalikan secara *remote* oleh komputer lain. *Server* secara pasif mengizinkan komputer lain (*client*) untuk mengendalikan komputer tersebut.

2. VNC Client/ VNC Viewer

VNC Client merupakan program yang mengawasi, mengontrol dan berinteraksi dengan server. Client mengendalikan server. Client RealVNC menggunakan *vncviewer* yang dapat berjalan pada *full-screen mode*, menggunakan F8 *function-key* sebagai *default key* untuk menampilkan menu opsi.

3. VNC Protocol (RFB)

Remote Framebuffer Protocol (RFB) adalah protokol biner yang mentransmisikan data citra biner. Data dapat dikompresi dan dapat dialirkan ke dan dari server dengan update frekuensi yang sangat tinggi (Vanessa Wang, 2013). Data gambar dapat dialirkan pada frekuensi tinggi dari server; demikian pula, client dapat menghasilkan aliran peristiwa

input yang disebabkan oleh pengguna menggerakkan mouse dan menekan tombol. Peristiwa input ini secara kompak dikodekan dalam format biner yang mengambil sangat sedikit *byte* untuk pengiriman.

2.6.5. YateBTS

YateBTS merupakan implementasi perangkat lunak dari jaringan akses radio *Global System for Mobile Communication* (GSM) atau *General Packet Radio Service* (GPRS) berdasarkan Yate, serta kompatibel dengan jaringan 2.5G dan 4G. Adapun *software* ini dimaksudkan untuk membantu para peneliti akademis dan operator seluler untuk mempelajari dan melakukan penelitian ilmiah di bidang teknologi seluler, yang memungkinkan serangkaian eksperimen dan prosedur pengujian yang disederhanakan.

YateBTS berisi fungsi - fungsi dasar *Home Location Register/ Authentication Center* dan *Visitor Location Range/ Mobile Switching Center* dari jaringan 2.5G, yang memungkinkan pengguna untuk bereksperimen dengan jaringan GSM. YateBTS biasanya dikonfigurasi untuk beroperasi dalam salah satu dari dua mode yaitu mode *Network in PC* atau mode *Radio Access Network* (RAN). Pada tugas akhir ini, digunakan mode *Network in PC*, dimana mode ini dapat melakukan semua fungsi jaringan GSM, seperti mendaftarkan pengguna, merutekan panggilan, SMS, serta otentikasi pengguna YateBTS.



Gambar 2.15. Logo YateBTS [25]