

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Perkembangan teknologi dibidang telekomunikasi sangat berkembang pesat, karena kebutuhan untuk berkomunikasi dan bertukar data dengan cepat, mudah, dan *mobile* sangat dibutuhkan saat ini. Teknologi komunikasi berkembang dari berbagai generasi, dimulai pada 1G, 2G, 3G, hingga saat ini 4G.

1G merupakan teknologi generasi pertama yang menggunakan *system* analog dan hanya mendukung layanan suara, seperti AMPS (*Advanced Mobile Phone System*). Teknologi ini mulai digunakan tahun 1970 di Amerika. 2G adalah pengembangan dari teknologi 1G, teknologi ini sudah menggunakan teknologi *digital*. Standart teknologi 2G yang paling banyak digunakan adalah GSM (*Global System for Mobile Communication*) dan CDMA (*Coded Division Multiple Access*). 3G merupakan standart teknologi yang digunakan adalah WCDMA (*Wideband Coded Division Multiple Access*) atau biasa dikenal dengan UMTS. Kecepatan transmisi rata-rata dari 3G yaitu 384 Kbps sampai 2 Mbps. 4G atau biasa disebut dengan LTE. LTE menggunakan radio yang berbeda, namun tetap menggunakan dasar jaringan GSM / EDGE dan UMTS / HSPA. System yang digunakan LTE yaitu *all-IP* dan LTE mampu menawarkan kecepatan *downlink* hingga 300 Mbps dan *Uplink* 75 Mbps.

Tabel 2.1 Layanan 1G, 2G, 3G, dan 4G

Teknologi	1G	2G	3G	4G
Penyebaran	1970/1984	1980/1999	1990/2002	2000/2010
Bandwidth	2 Kbps	14-64 Kbps	2 Mbps	200 Mbps
System	Analog Cellular	Digital Cellular	Broadbandwidth/CDMA	IP Technology/WAN/WLAN /PAN
Service	Mobile Telephone	Digital Voice, Short Messaging	Kualitas tinggi audio, video, dan data	Akses informasi dinamis, variable device
Multiplexing	FDMA	TDMA/CDMA	CDMA	CDMA
Switching	Circuit	Circuit	Packet (kecuali interface udara)	All Packet
Core Network	PSTN	PSTN	Packet Network	Internet
Handoff	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal dan Vertikal

Sumber: kemkominfo.buku saku data dan tren tik (2014)

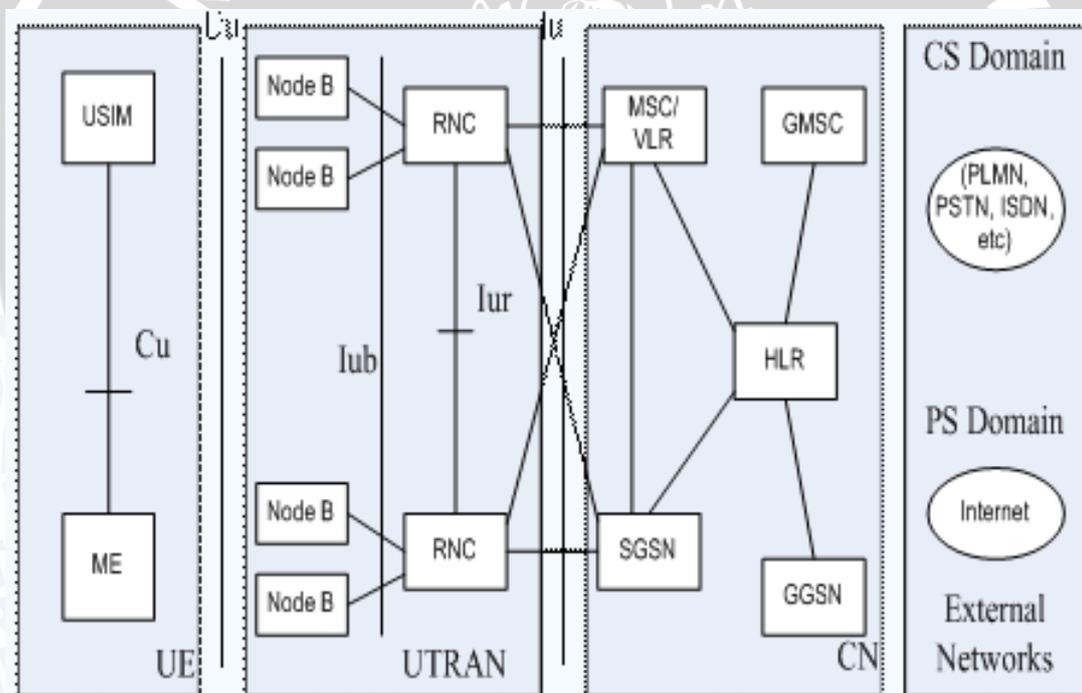
Pada bab ini membahas tentang dasar teori dari teknologi 3G dan sarana penunjangnya, yaitu menara telekomunikasi, beserta teori untuk merancang suatu BTS didalam suatu wilayah.

2.2 Teknologi 3G (Third Generation Technology)

The Third Generation Mobile Communication pertama kali diusulkan pada tahun 1985 oleh ITU (*International Telecommunication Union*) dan diganti namanya menjadi IMT-2000 (*International Mobile Telecommunication-2000*) pada tahun 1996. Sistem utamanya, yaitu WCDMA, cdma2000, dan UWC-136. 3G mulai dikomersialkan pada tahun 2000 dan bekerja pada frekuensi 1900 MHz yang mempunyai *service rate* mencapai 2000 Kbps. Alokasi spektrum 3G pada frekuensi 1885 – 2025 MHz pada *uplink* dan 2110 – 2200 pada *downlink*.

2.2.1 Arsitektur 3G

Arsitektur 3G terdiri dari 3 daerah yang saling berinteraksi, yaitu *Core Network* (CN), *UMTS Terrestrial Radio Access Network* (UTRAN), dan *User Equipment* (UE) atau *Mobile Station* (MS).



Gambar 2.1 Arsitektur 3G

Sumber: Huawei (2015)

A. CN (Core Network)

Core Network (CN) digunakan untuk memproses semua panggilan suara dan koneksi data di dalam sistem UMTS, dan menerapkan fungsi jaringan luar *switching* dan *routing*. CN dibagi dalam 2 daerah, yaitu *Circuit Switched* dan *Packet Switched*. *Circuit Switched* terdiri dari *Mobile services Switching Centre* (MSC), *Gateway MSC* (GMSC). Sedangkan

Packet Switched terdiri dari *Serving GPRS Support Node (SGSN)*, dan *Gateway GPRS Support Node (GGSN)*. Elemen HLR digunakan bersama oleh *Circuit Switched* dan *Packet Switched*. Berikut penjelasan dari elemen-elemen tersebut :

1. *Mobile services Switching Centre (MSC)*

MSC merupakan *interface* yang menangani *circuit switced data* seperti video dan video call.

2. *Gateway MSC (GMSC)*

GMSC merupakan gerbang penghubung antara UMTS dan jaringan luar *circuit switched* seperti PSTN, *Visitor Location Register (VLR)*, dan *Gateway MSC*

3. *Serving GPRS Support Node (SGSN)*

SGSN merupakan *interface* yang berfungsi sama dengan MSC tetapi digunakan untuk layanan *packet switched*. SGSN menangani pengiriman *packet* dari dan ke terminal-terminal *mobile*. Masing-masing SGSN memungkinkan untuk mengirimkan *packet* ke terminal di dalam *service area*. SGSN dapat mengirim data dengan kecepatan hingga 2 Mbps.

4. *Gateway GPRS Support Node (GGSN)*

GGSN merupakan gerbang yang menghubungkan UMTS menuju jaringan *packet switched*. GGSN merupakan *interface* fisik yang terhubung ke jaringan *packet data external* (misalnya internet). GGSN dapat mengirim data dengan kecepatan hingga 2 Mbps.

B. UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*)

UTRAN terdiri dari satu atau lebih RNS (*Radio Network System*), dan RNS terdiri dari RNC (*Radio Network Controller*) yang merupakan pengendali jaringan radio, beberapa *nodeB* (*UMTS Base Station*) dan *User Equipment*. UTRAN terhubung pada bagian CN melalui *Interface Iu*, dan *Interface Iub* untuk mengontrol *nodeB*, sedangkan *Interface Iur* menghubungkan antar RNC yang berfungsi untuk mengatur terjadinya *soft handover* diantara RNC. RNC mempunyai fungsi yang sama dengan BSC di GSM, yaitu berfungsi untuk mengendalikan sumber-sumber radio dari beberapa *nodeB* dan berperan penting untuk mengontrol *radio resources* UTRAN, seperti *power control (PC)* atau *handover control (HC)*.

BS di UMTS disebut dengan *nodeB*. *NodeB* pada jaringan ini sama seperti pada GSM *Base Station*, merupakan unit sistem pengiriman dan penerimaan radio dari sel. *NodeB* menunjukkan proses dari *air interface* yang digunakan (WCDMA), meliputi *channel*

coding, interleaving, rate adaptation, dan spreading. *NodeB* juga memungkinkan terjadinya *soft handover* dan *power control*. Ikatan antara RNC dan *nodeB* disebut RNS (*Radio Network Subsystem*) yang memiliki *interface* Iub.

C. UE (User Equipment)

UE memiliki terdiri dari dua bagian, yaitu *Mobile Equipment* (ME) dan UMTS *Subscriber Identity Module* (USIM) yang dihubungkan oleh *interface* Cu. Berikut penjelasan dari elemen – elemen dari UE :

1. *Mobile Equipment* (ME)

Mobile Equipment adalah perangkat yang digunakan untuk pengiriman radio

2. UMTS *Subscriber Identity Module* (USIM)

UMTS *Subscriber Identity Module* merupakan sebuah perangkat yang memuat identitas *user* dan informasi pribadi. Interface UE dengan jaringannya disebut *interface* Uu yang merupakan *air interface* WCDMA

D. Kapabilitas pelayanan 3G

Umumnya layanan yang diberikan 3G sebagai berikut.

1. Cocok dengan semua layanan yang disediakan oleh GSM
2. *The real-time services* seperti layanan suara umumnya menggunakan ketentuan QoS
3. Pelayanan multimedia (*streaming, interactive, dan background*)

2.3 Menara Telekomunikasi

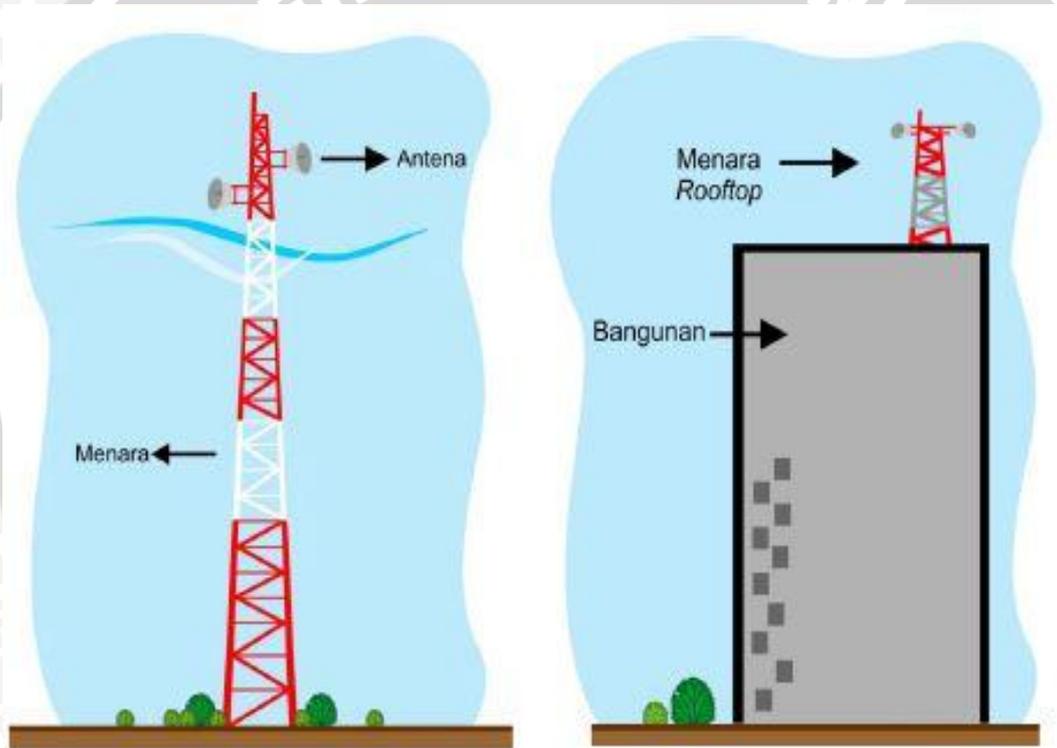
Menara Telekomunikasi terbuat dari rangkaian besi atau pipa, yang bertujuan sebagai sarana penunjang untuk meletakkan antena pada ketinggian tertentu (PERMEN KOMINFO, 2008). Di Kota Malang menara telekomunikasi pada tahun 2014 mempunyai 205 menara telekomunikasi diantaranya terdapat 22,92% menara (sekitar 46 menara) tidak mempunyai penyewa (tenant), 67,31% menara (sekitar 138 menara) hanya mempunyai 1 tenant, dan 0,097% menara (sekitar 21 menara) yang mempunyai lebih dari satu tenant (KOMINFO Kota Malang, 2014). Menara – Menara yang kurang dari 6 penyewa tersebut tidak sesuai dengan Peraturan Menteri Kominfo No. 02/2008, sehingga estetika tata ruang wilayah dan lingkungan kurang bagus, efektif, dan efisien. Di Kota Malang kondisi menara saling berdekatan, dimana masalah tersebut dapat di solusikan dengan menghitung *coverage* nya dengan mengurangi *blank spot* dan *overlap*. Karena tidak sesuai

peraturan dan tindakan, Kota Malang seiring dengan perkembangan zaman akan menjadi hutan menara.

Menurut Direktorat Jenderal Penataan Ruang Kementerian Pekerjaan Umum dalam surat edarannya tahun 2011 menyatakan bahwa Menara Telekomunikasi umumnya memiliki 3 jenis struktur bangunan, yaitu :

1. *Self-Supporting Tower*

Self-Supporting Tower merupakan menara dengan struktur rangka baja yang berdiri kokoh, sehingga mampu menampung perangkat telekomunikasi dengan *optimal*. Menara ini dapat didirikan diatas bangunan maupun diatas tanah. Menara tipe ini dapat berupa menara berkaki 4 (*rectangular tower*) dan menara berkaki 3 (*triangular tower*). Menara ini memiliki ketinggian 32-72 m.

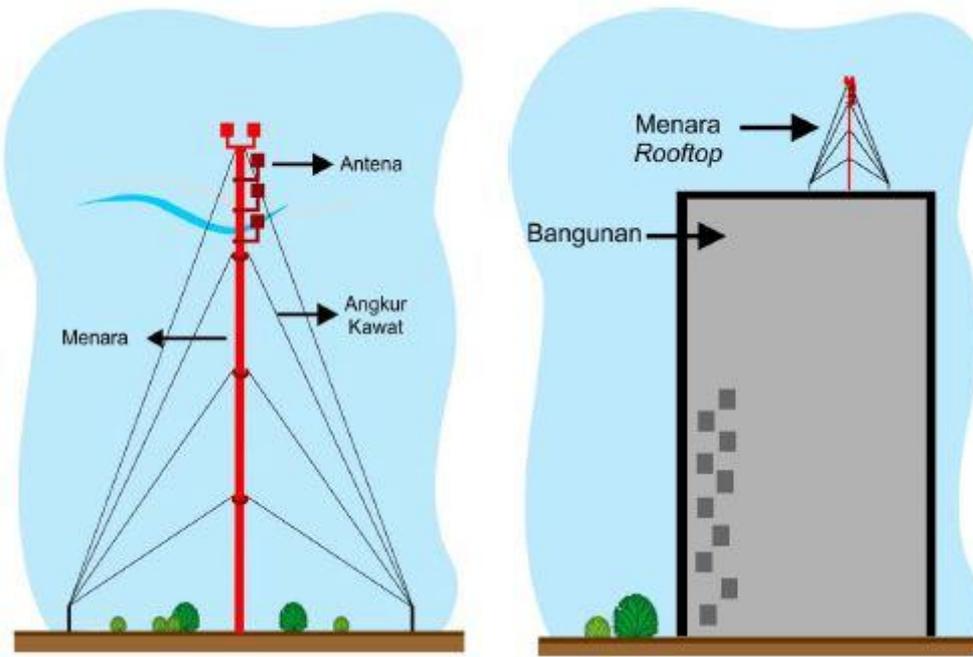


Gambar 2.2 Ilustrasi *Self-Supporting Tower*

Sumber: Kementerian Komunikasi dan Informatika (2008:8)

2. *Guyed Tower*

Guyed Tower merupakan menara dengan struktur rangka baja yang memiliki penampang lebih kecil dari menara mandiri. Menara ini berdiri dengan bantuan perkuatan kabel yang diangkurkan pada tanah dan di atas bangunan. Menara tipe ini dapat berupa menara berkaki 4 (*rectangular tower*) dan menara berkaki 3 (*triangular tower*). Ketinggian menara tipe ini tidak lebih dari 20 m (lebih dari itu akan melengkung).

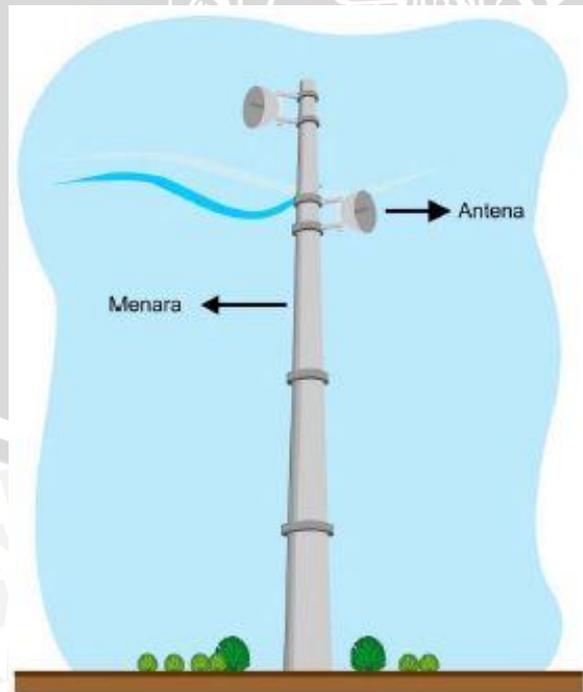


Gambar 2.3 Ilustrasi *Guyed Tower*

Sumber: Kementerian Komunikasi dan Informatika (2008:9)

3. *Monopole Tower*

Monopole Tower merupakan menara yang hanya terdiri dari satu rangka batang/tiang yang didirikan atau ditancapkan langsung pada tanah dan tidak dapat didirikan di atas bangunan.



Gambar 2.4 Ilustrasi *Monopole Tower*

Sumber: Kementerian Komunikasi dan Informatika (2008:10)

2.4 Konfigurasi (sektorisasi) sel

Secara umum ada dua jenis antena, yaitu antena *omnidirectional* dan antena *directional*. Penggunaan jenis antena dapat memengaruhi penempatan BTS dalam suatu wilayah (Balanis, 1992).

1. Antena *Omnidirectional*

Mempunyai daya pancar ke segala arah dengan daya yang sama besar. Maka dari itu, BTS yang menggunakan antena ini harus berada tepat ditengah sel. Antena jenis ini digunakan untuk mendapatkan cakupan *service area* yang luas dengan jumlah BTS seminimum mungkin. Antena jenis ini dapat berfungsi dengan maksimal pada *service area* yang berkontur datar atau rata. Karena karakteristik gelombang yang dipancarkan antena merata secara horizontal kesegala arah. Tetapi antena yang murni *omnidirectional* jarang ditemui, karena tidak ada antena yang dapat memancarkan ke segala arah dengan daya sama besar (Huawei, 2015).

2. Antena *Directional*

Antena jenis ini biasa digunakan pada area berkontur berbukit atau tidak rata. Maka dari itu, BTS yang menggunakan antena jenis ini tidak harus ditempatkan tepat ditengah sel, karena pada antena jenis ini mempunyai pancaran dengan arah tertentu, dengan sudut pengarahannya tertentu. Antena jenis ini mempunyai 2 jenis sektorisasi, yaitu 60° dan 120° . Jika menggunakan antena dengan pengarahannya 120° maka dibutuhkan 3 buah antena untuk memenuhi sebuah sel. Antena jenis ini dapat mengurangi interferensi saluran bersama (*co-channel interference*), tetapi membutuhkan banyak antena.

Pada penelitian ini diasumsikan menggunakan antena dengan pengarahannya 120° , karena menghemat jumlah antena yang hanya menggunakan 3 antena *directional*.

2.5 Morfologi Area

Terdapat 4 tipe daerah untuk menentukan wilayah yang dapat digunakan dalam penempatan BTS, yaitu (Lee, 1993:198):

1. *Dense Urban*

Wilayah ini biasanya ditandai dengan banyaknya area bisnis yang padat, bangunan-bangunan tinggi (gedung pencakar langit), dan mobilitasnya tinggi. Wilayah ini biasanya disebut dengan metropolitan atau megapolitan.

2. Daerah Urban

Wilayah Urban ini biasanya ditandai dengan banyaknya gedung-gedung tinggi mencapai 20 meter, dengan jalan-jalan yang sempit diantaranya, dan terdapat sedikit pohon (hampir tidak ada pepohonan). Pada daerah urban ini, sinyal dari BTS ke MS banyak mendapat halangan oleh lingkungan sekitarnya. Akibatnya, *coverage area* pada daerah urban cenderung lebih kecil dibanding daerah suburban maupun rural.

3. Daerah Suburban

Daerah ini merupakan peralihan antara urban dan rural. Lingkungan daerah suburban biasanya ditandai dengan deretan rumah penduduk yang berdampingan dengan ketinggian rata-rata 10-20 meter. Di daerah pemukiman ini banyak terdapat pepohonan yang tinggi.

4. Daerah Rural

Daerah rural adalah daerah dimana sinyal informasi dapat merambat dari BTS ke MS tanpa banyak halangan. *Coverage area* lebih besar jika dibandingkan dengan suburban, urban, maupun *dense* urban. Topologi daerah ini biasanya merupakan daerah terbuka dengan ketinggian kurang dari 10 meter.

Daerah yang digunakan pada penelitian ini yaitu daerah urban, karena Kota Malang merupakan daerah urban.

2.6 Statistika Penduduk Kota Malang

Untuk menentukan statistika penduduk Kota Malang mempunyai beberapa metode yang digunakan dan beberapa pertimbangan yang dijadikan parameter dalam menentukan jumlah penduduk di Kota Malang.

2.6.1 Prediksi Jumlah Penduduk

Proyeksi penduduk adalah memperkirakan jumlah penduduk di masa mendatang berdasarkan data masa lampau. Proyeksi penduduk digunakan sebagai dasar dari perencanaan. Terdapat beberapa model proyeksi, yaitu model linear, geometrik dan parabolik. Asumsi dasar dari model linear, geometrik dan parabolik adalah pertumbuhan atau penurunan akan berlanjut tanpa batas

A. Model *Linear (arithmetic)*

Model *linear* menurut Klosterman (1990) adalah teknik proyeksi yang paling sederhana dari seluruh model trend. Model ini menggunakan persamaan derajat pertama (*first degree equation*). Berdasarkan hal tersebut, penduduk diproyeksikan sebagai fungsi dari waktu, dengan persamaan:

$$P_n = P_o + \beta T \dots\dots\dots (2.1)$$

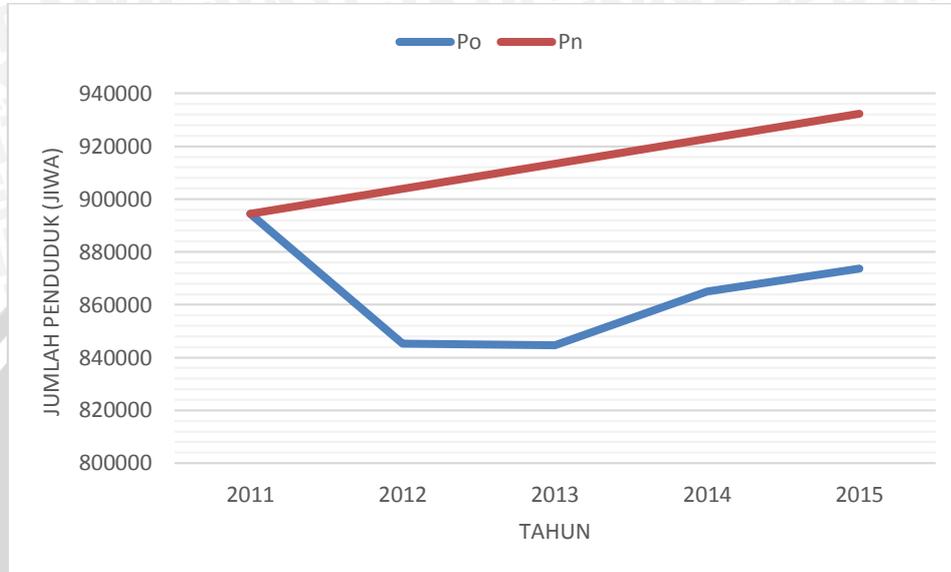
Dimana :

P_n = Penduduk pada tahun proyeksi t (Jiwa)

P_o = Penduduk pada tahun dasar (Jiwa)

β = rata-rata pertumbuhan penduduk (Jiwa)

T = selisih tahun proyeksi dengan tahun dasar (tahun)



Gambar 2.5 Grafik Proyeksi Jumlah Penduduk Model Linear

Hasil grafik diatas merupakan hasil proyeksi menggunakan model linear, pada grafik tersebut menunjukkan bahwa hasil dari proyeksi model linear dengan jumlah penduduk aslinya yaitu hampir menunjukan nilai yang sama di akhir karena penduduk di Kota Malang semakin bertambah.

Hasil proyeksi akan berbentuk suatu garis lurus. Model ini berasumsi bahwa penduduk akan bertambah/berkurang sebesar jumlah *absolute* yang sama/tetap (β) pada masa yang akan datang sesuai dengan kecenderungan yang terjadi pada masa lalu. Klosterman (1990), mengacu pada Pittengar (1976), mengemukakan bahwa model ini hanya digunakan jika data yang tersedia relatif terbatas, sehingga tidak memungkinkan untuk menggunakan model lain. Selanjutnya, Isserman (1977) mengemukakan bahwa model ini hanya dapat diaplikasikan untuk wilayah kecil dengan pertumbuhan yang lambat.

B. Model Geometrik

Asumsi dalam model ini adalah penduduk akan bertambah/berkurang pada suatu tingkat pertumbuhan (persentase) yang tetap. Misalnya, jika P_{n+1} dan P_n adalah jumlah penduduk dalam tahun yang berurutan, maka penduduk akan bertambah atau berkurang

pada tingkat pertumbuhan yang tetap (yaitu sebesar P_{n+1}/P_n) dari waktu ke waktu. Menurut Klosterman (1990), proyeksi dengan tingkat pertumbuhan yang tetap ini umumnya dapat diterapkan pada wilayah, dimana pada tahun-tahun awal observasi pertambahan absolut penduduknya sedikit dan menjadi semakin banyak pada tahun-tahun akhir. Model *geometric* memiliki persamaan umum:

$$P_n = P_o + \beta^T \dots\dots\dots(2.2)$$

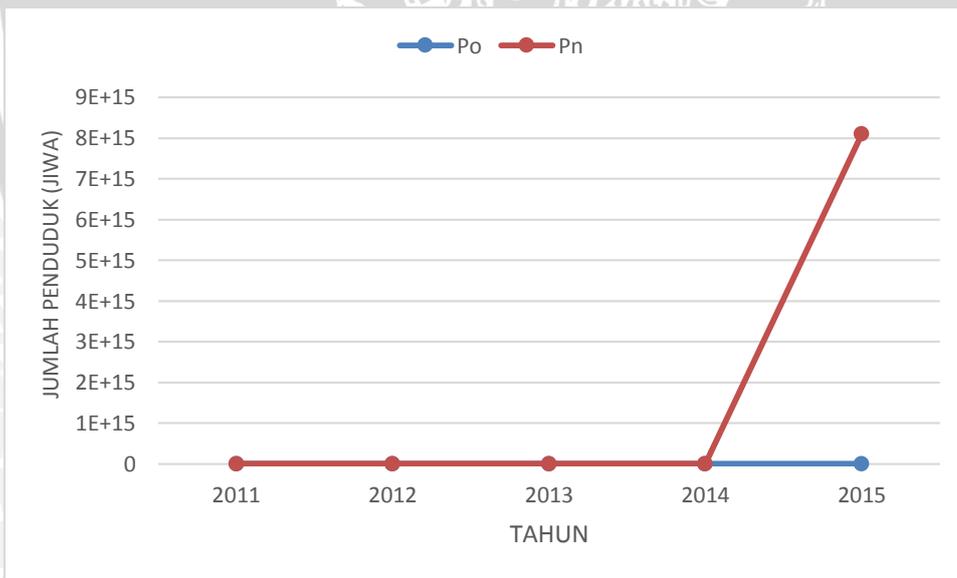
Keterangan :

- P_n = penduduk pada tahun n (Jiwa)
- P_o = penduduk pada tahun awal (Jiwa)
- β = rata-rata pertumbuhan penduduk (Jiwa)
- T = selisih tahun proyeksi dengan tahun dasar (tahun)

Hasil grafik diatas merupakan hasil proyeksi menggunakan model geometrik, pada grafik tersebut menunjukkan bahwa hasil dari proyeksi model geometrik semakin bertambah besar pada tahun-tahun berikutnya. Tidak mendekati hasil aslinya.

Persamaan diatas dapat ditransformasi kedalam bentuk linear melalui aplikasi logaritma, menjadi sebagai berikut:

$$\log P_n = \log P_o + T \log \beta \dots\dots\dots (2.3)$$



Gambar 2.6 Grafik Proyeksi Jumlah Penduduk Model Geometrik

C. Model Parabolik

Model parabolik seperti model geometrik berasumsi bahwa penduduk suatu daerah tidak tumbuh dalam bentuk linear. Namun demikian, tidak seperti model geometrik (yang



berasumsi tingkat pertumbuhan konstan dari waktu ke waktu), pada model parabolik tingkat pertumbuhan penduduk dimungkinkan untuk meningkat atau menurun. Model ini menggunakan persamaan derajat kedua yang ditunjukkan sebagai berikut:

$$P_t = P_0 + \beta_1 T + \beta_2 T^2 \dots \dots \dots (2.4)$$

Model parabolik memiliki dua koefisien yaitu β_1 dan β_2 . β_1 adalah koefisien linear (T) yang menunjukkan pertumbuhan konstan, dan β_2 adalah koefisien non-linear yang (T²) yang menyebabkan perubahan tingkat pertumbuhan. Tanda positif atau negatif pada β_1 dan β_2 bervariasi tergantung pada apakah tingkat pertumbuhan tersebut akan meningkat atau menurun. Berdasarkan variasi pada tanda β_1 dan β_2 , model akan menghasilkan empat scenario seperti pada tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Efek pertumbuhan penduduk terhadap variasi tanda β_1 dan β_2

β_1	β_2	Efek terhadap Pertumbuhan Penduduk
+	+	Pertambahan yang semakin meningkat Penduduk bertambah Kurva cekung ke atas (<i>Concave upward</i>)
+	-	Pertambahan yang semakin berkurang Penduduk berkurang Kurva cekung ke bawah (<i>concave downward</i>)
-	+	Pertambahan yang semakin berkurang Penduduk bertambah Kurva cekung ke atas (<i>Concave upward</i>)
-	-	Pertambahan yang semakin meningkat Penduduk berkurang Kurva cekung ke bawah (<i>concave downward</i>)

Sumber: Isserman, Andrew (1977,247)

Untuk memilih tren yang terbaik dengan eror kesalahan yang kecil digunakan rumus berikut.

$$MSE = \frac{\sum e^2}{n} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

MSE = Mean Square Error

e = Selisih antara Pn dengan Po

n = Jumlah Tahun yang diproyeksikan

2.6.2 Menentukan Usia Produktif

Usia produktif yaitu usia kerja. Menurut UU No. 13 tahun 2003 Bab I pasal 1 ayat 2 disebutkan bahwa tenaga kerja adalah setiap orang yang mampu melakukan pekerjaan guna menghasilkan barang atau jasa baik untuk memenuhi kebutuhan sendiri maupun untuk masyarakat. Batas usia kerja yang berlaku di Indonesia adalah berumur 15 tahun –

64 tahun. Data yang didapat dari Dinas Kependudukan dan Pencatatan sipil Kota Malang sudah dalam bentuk jumlah penduduk berdasarkan usia. BPS (Badan Pusat Statistik) kota Malang menafsirkan 60% penduduk Kota Malang berada pada usia produktif di tahun 2015 ini. Sehingga dapat ditentukan berapa jumlah penduduk dalam usia produktif di Kota Malang

2.6.3 Pengguna 3G pada Tahun 2020

APJII merupakan asosiasi penyelenggara jasa internet Indonesia dan sebagai motor penggerak industri Internet Indonesia, APJII menyelenggarakan riset sebagai acuan pembuat kebijakan, pelaku industri, pendidikan, dan lain-lain. Berdasarkan survey penetrasi APJI pada tahun 2014, pengguna internet di Jawa Timur mencapai 31% dan pada wilayah Jawa dan Bali yang menggunakan telepon seluler untuk mengakses internet sebesar 92%. Dan salah satu faktor penetrasi pendukung selain APJII yaitu Ericson *Mobility Report*. Ericson *Mobility Report 2015* adalah sebuah penelitian yang dilakukan untuk memprediksi penyebaran teknologi jaringan telekomunikasi, penerapan *broadband*, dan peningkatan penggunaan perangkat *mobile* sampai tahun 2020. Ericson *Mobility Report 2015* juga menjelaskan tentang meningkatnya popularitas pengguna *smartphone* yang menggunakan aplikasi video *streaming* disebabkan oleh berbagai faktor, salah satunya adalah semakin meningkatnya penerapan konten video dalam berbagai aplikasi online seperti media sosial, berita, dan iklan. Bahkan Ericsson *ConsumerLab* berhasil mengidentifikasi perilaku konsumen, salah satunya yaitu pada tahun 2015 untuk pertama kalinya lebih banyak orang akan menonton *streaming* pada video daripada siaran TV kabel berdasarkan Ericson *Mobility Report 2015*, pengguna 3G di Indonesia sebesar 40%.

2.7 Trafik Pelanggan

Trafik merupakan perpindahan informasi dari suatu tempat ke tempat lain melalui jaringan telekomunikasi, satuan dalam trafik yaitu Erlang. Untuk daerah urban, lama rata-rata panggilan atau menerima panggilan untuk setiap telepon seluler per hari pada jam sibuk adalah 3 menit per jam. Untuk daerah sub-urban adalah 2 menit per jam, dan 1 menit per jam untuk daerah rural. Jumlah panggilan per-pelanggan didefinisikan sebagai $n = 1/\text{jam sibuk}$, maka *offered* trafik per pelanggan adalah $b = (nxT)/60$. (Ari Gunadi Palilu dan Ista Pratomo, 2014).

$$\text{Wilayah urban} = (1 \times 3)/60 = 50 \text{ mErlang.}$$

$$\text{Wilayah sub-urban} = (1 \times 2)/60 = 33 \text{ mErlang.}$$

Wilayah rural = $(1 \times 1) / 60 = 17$ mErlang.

Trafik pelanggan yang digunakan pada Kota Malang adalah 50 mErlang, karena Kota Malang termasuk pada daerah urban.

2.8 Kapasitas Kanal *NodeB*

Kanal merupakan media yang digunakan untuk mentransmisikan sinyal dari *transmitter* ke *receiver*. Jadi kapasitas kanal merupakan rata-rata informasi yang dikirim dari *transmitter* ke *receiver* tanpa ada kesalahan. Jumlah kapasitas kanal pada suatu BTS berdasarkan dari antena, konfigurasi *cell*, dan probabilitas banyak *cell* yang akan di *reject* oleh sistem atau biasa disebut *Grade of Service* (GOS). Sekelompok BTS dikontrol oleh satu BSC (*Base Station Controller*), dan satu BTS terdapat 3 atau 6 sektoral, dimana satu sektoral mempunyai beberapa jumlah TRx (berdasarkan kebutuhan operator untuk konfigurasi *cell* tersebut). Dan 1 TRx terdiri dari 8 kanal, 2 diantaranya berfungsi sebagai *broadcast* sinyal dan mengatur panggilan setiap pelanggan. TRx merupakan perangkat yang memancarkan dan menerima sinyal komunikasi dari atau ke perangkat *mobile*. Kanal yang di dapat dipertimbangkan menggunakan GOS (*Grade of Service*). Setelah itu menggunakan tabel erlang untuk menentukan jumlah kanal dalam satuan Erlang. Berikut contoh perhitungan untuk menentukan suatu kanal pada BTS :

1 BTS = 3 sektoral (antena dengan pengarahannya 120^0)

1 sektoral = 3 TRx (konfigurasi 3x3x3)

1 TRx = 8 kanal

1 sektoral = 22 kanal yang mampu melayani

Kanal total pada 1 BTS = $22 \times 3 = 66$ kanal

Kapasitas 1 BTS terdiri dari 66 kanal dengan asumsi GOS 2% adalah 55,33 Erlang (berdasarkan trafik Erlang B).

Pada kapasitas kanal *nodeB*, peneliti menggunakan antena dengan pengarahannya 120^0 dan konfigurasi 4x4x4 dengan asumsi GOS 2%, karena dengan konfigurasi tersebut operator dapat menghemat biaya pendirian BTS baru dan pada konfigurasi 4x4x4 paling sering dipakai, karena selain kapasitasnya besar, konfigurasi ini juga cukup handal untuk aplikasi di daerah rural maupun urban.

Perhitungan untuk menentukan kebutuhan BTS berdasarkan kapasitas yaitu:

$$\text{Jumlah BTS} = \frac{\text{jumlah trafik pelanggan}}{\text{kapasitas kanal}}$$

2.9 Link Budget

Hasil perhitungan jumlah nilai antara *gain* dan *loss* dari pemancar, melalui media (ruang bebas, kabel, serat, dan lain - lain) ke penerima dalam sistem telekomunikasi. Hasil dari perhitungan *link budget* digunakan untuk nilai *path loss* yang selanjutnya akan menjadi *input* dari perhitungan *coverage area*.

Tabel 2.3 Link Budget 3G

Parameter	Downlink	Uplink
Max. Power Tx	46 dBm	23 dBm
Rx Antenna Gain	0 dBi	18 dBi
Rx Sensitivity	-101,2 dBm	-106,2 dBm
Interference Margin	4 dB	3 dB
Noise Figure Rx	7 dB	2 dB
Tx Antenna Gain	18 dBi	0 dBi
TX cable Loss	2 dB	0 dB
Tx Body Loss	0 dB	3 dB
Rx Cable Loss	6 dB	2 dB
Fast Fade Margin	0 dB	5 dB
Soft Handover Gain	0 dB	3 dB

Sumber : Holma Harry dan Antti Toskala, 2010

2.10 Coverage Area

Coverage Area adalah area yang dijangkau oleh antena BTS. *Coverage area* akan menunjukkan seberapa jauh area yang dapat menerima sinyal dari *provider* dengan nilainya tergantung dari besarnya *cell radius*. Besarnya *cell radius* berbeda-beda tergantung teknologi dan frekuensi yang digunakan.

Berikut ini adalah teknik yang sering digunakan untuk menentukan besarnya *cell radius* (Vijay K.Garg, 2000:233):

1) Model Okumura-Hatta

Pemodelan Okumura-Hata merupakan formula empirik untuk estimasi *mean path loss* propagasi sinyal berdasarkan hasil pengukuran Okumura terhadap propagasi sinyal di kota Tokyo. Oleh Hata hasil pengukuran tersebut didekati dengan suatu formula umum untuk lokasi urban dan beserta beberapa pengkoreksiannya. Perhitungan *Path Loss* berdasarkan kriteria:

a. Daerah Urban

$$L_{urban} = C_1 + C_2 \log(f) - 13,82 \log(h_{BTS}) - a(h_{ms}) + [44,9 - 6,55 \log(h_{BTS})] \log(r) \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

f = Frekuensi (MHz)

h_{BTS} = Tinggi antena BTS (m)

h_{ms} = Tinggi antenna *Mobile Station* (m)

r = Jarak BTS dengan *Mobile Station*

C_1 = 69,55 untuk $400 \leq f \leq 1500$ MHz; 46,3 untuk $1500 \leq f \leq 2000$ MHz

C_2 = 26,16 untuk $400 \leq f \leq 1500$ MHz; 33,9 untuk $1500 \leq f \leq 2000$ MHz

$a(h_{ms})$ = Faktor koreksi ketinggian antenna *Mobile Station* (m)

$a(h_{ms}) = 3,2 \{\log[11,75 (h_{ms})]\}^2 - 4,97$ dB (untuk kota besar)

$a(h_{ms}) = [1,1 \log(f) - 0,7] \times h_{ms} - [1,56 \log(f) - 0,8]$ (untuk kota kecil)

b. Daerah *Dense Urban*

$$L_{Dense_Urban} = C_1 + C_2 \log(f) - 13,82 \log(h_{BTS}) - a(h_{ms}) + [44,9 - 6,55 \log(h_{BTS})] \log(r) + C_M \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

$C_M = 3$ dB

$$a(h_{ms}) = 3,2 \{\log[11,75 (h_{ms})]\}^2 - 4,97$$

c. Daerah Sub Urban

$$L_{SubUrban} = L_{Urban} - 2 \left[\log\left(\frac{f}{28}\right) \right]^2 - 5,4 \dots\dots\dots(2.8)$$

d. Daerah Rural Terbuka

$$L_{RuralTerbuka} = L_{Urban} - 4,78 [\log(f)]^2 + 18,33 \log(f) - 5,4 \dots\dots\dots(2.9)$$

2) Model COST-231/Walfisch-Ikegami (WIM)

Model ini adalah hasil dari penelitian dibawah badan *Cooperation Scientific and Technical Research* (COST) dengan kode *project* COST-231, yang kemudian diadopsi oleh ITU untuk *standard* selular dan PCS. Pemodelan COST-231 atau disebut juga pemodelan Walfisch-Ikegami adalah kombinasi antara model empiris dan semi deterministik untuk estimasi *mean path loss* pada daerah urban.

Model ini cukup baik untuk estimasi *path loss* dengan frekuensi operasi 800 – 2000 MHz dan jarak tempuh 0.02 – 5 km. Pada aplikasinya dapat digunakan pada sistem GSM dan CDMA jika ingin memasukkan unsur tambahan tinggi gedung rata-rata, separasi antar gedung lebar jalan, sudut kedatangan sinyal terhadap jalan.

a. Formula COST-231 untuk kondisi *Line of Sight* (LOS)

$$L_{LOS} = L_{fs1} + 6 \log(50 \times r)$$

$$L_{fsl} = 32,4 + 20 \log(r_{km}) + 20 \log(f_{MHz}) \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

L_{fsl} = Free space loss

r = Jarak (km)

f = Frekuensi (MHz)

Sehingga,

$$L_{LOS} = 32,4 + 20 \log(r_{km}) + 20 \log(f_{MHz}) + L_{fsl} + 6 \log(50 \times r)$$

b. Formula COST-231 untuk kondisi *Non Line of Sight*

$$L_{NLOS} = L_{fsl} + L_{rts} + L_{msd} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana:

L_{fsl} = free space loss

L_{rts} = rooftop to street diffraction

L_{msl} = multi screen loss

Perhitungan *rooftop diffraction*

$$L_{rts} = -16,9 - 10 \log w + 20 \log(f_{MHz}) + 20 \log(\Delta h_{km}) + L_0 \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana:

w = lebar jalan (m)

Dh_{ms} = $Dh_{ms} - Dh_{ms}$

$$L_0 = \begin{cases} -10 + 0,345 \phi & \text{untuk } 0^\circ \leq \phi \leq 35^\circ \\ 2,5 + 0,075 (\phi - 35), & \text{untuk } 35^\circ \leq \phi \leq 55^\circ \\ 4 - 0,114(\phi - 55), & \text{untuk } 55^\circ \leq \phi \leq 90^\circ \end{cases}$$

Perhitungan multiscreen loss

$$L_{rts} = L_{bsh} + K_a + K_d \log(r_{km}) + K_f \log(f_{MHz}) - 9 \log b \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana:

$$L_{bsh} = \begin{cases} -18 \log(1 + \Delta h_{bts}), & \text{untuk } \Delta h_{bts} > 0 \\ 0, & \text{untuk } \Delta h_{bts} \leq 0 \end{cases}$$

$$K_a = \begin{cases} 54 & \text{untuk } \Delta h_{bts} > 0 \\ 54 + 0,8 |\Delta h_{bts}|, & \text{untuk } \Delta h_{bts} \leq 0 \text{ dan } d_{km} \geq 0,5 \\ 54 + 0,8 |\Delta h_{bts}|(d_{km}/0,5), & \text{untuk } \Delta h_{bts} \leq 0 \text{ dan } d_{km} < 0,5 \end{cases}$$

$$K_d = \begin{cases} 18, & \text{untuk } \Delta h_{bts} > 0 \\ 18 + 15 (|\Delta h_{bts}|/0,5), & \text{untuk } \Delta h_{bts} \leq 0 \end{cases}$$

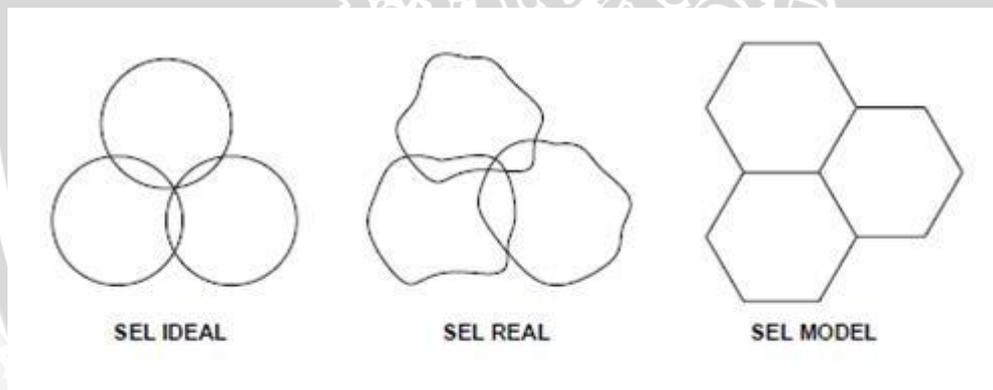


$$K_f = -4 + \begin{cases} 0,7 \left(\frac{f_{\text{MHz}}}{925} - 1 \right), & \text{untuk daerah urban dan suburban} \\ 1,5 \left(\frac{f_{\text{MHz}}}{925} - 1 \right), & \text{untuk daerah } \textit{dense} \text{ urban} \end{cases}$$

Model yang akan digunakan peneliti adalah model 1a (model okumura-hata pada daerah urban) karena model ini cocok pada jarak antara 1 – 20 km dengan ketinggian antena BTS berkisar 30 – 200 meter. Antena BTS yang ada di Malang sesuai dengan model okumura-hata.

Dalam menghitung *cell* pada *system* seluler, yaitu menggunakan perhitungan bentuk segi enam, karena ideal nya bentuk *cell* adalah lingkaran namun dalam pelaksanaannya bentuk ini sulit direalisasikan. Sehingga dalam komunikasi seluler, bentuk heksagonal ditetapkan sebagai bentuk sel, sebab bentuk inilah yang paling mendekati ideal. Berikut perhitungan bentuk sel yang digunakan pada *system* seluler.

$$\text{Coverage Area} = \frac{3}{2} \sqrt{3} R^2 \text{ (Km}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.14)$$



Gambar 2.7 Bentuk *Cell*

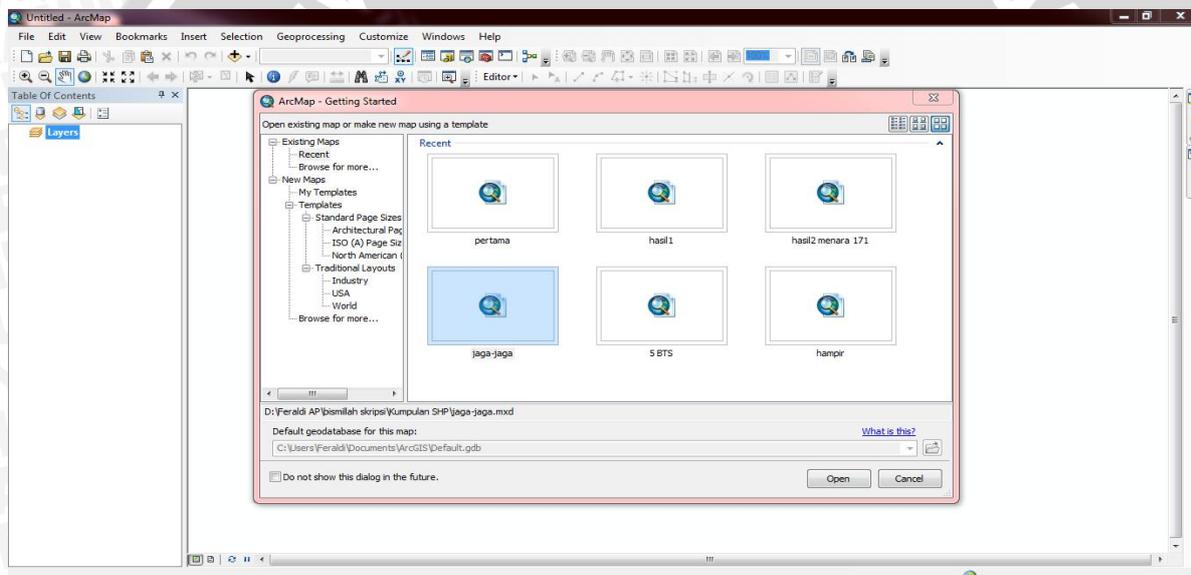
Sumber : Ari Gunadi Palilu dan Istas Pratomo. 2014.

2.11 ArcGIS (Geografis Information System)

Menurut Murai (1999), GIS merupakan sistem informasi yang digunakan untuk memasukkan, menyimpan, memanggil kembali, mengolah, menganalisis dan menghasilkan data bereferensi geografis atau data geospasial, untuk mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pengelolaan penggunaan lahan, sumber daya alam, lingkungan, transportasi, fasilitas kota, dan pelayanan umum lainnya. Menurut Wahyu Falah (2014), GIS adalah sistem informasi yang berfungsi untuk mengelola data

yang berupa informasi keruangan (spasial), informasi spasial berupa posisi koordinat suatu objek, luasan wilayah, dan panjang garis yang di proyeksikan dalam *system* koordinat.

ArcGIS adalah paket perangkat lunak yang terdiri dari produk perangkat lunak GIS (*Geografis Information System*) yang diproduksi oleh ESRI. ESRI merupakan perusahaan yang bergerak pada bidang perangkat lunak GIS. Penelitian ini menggunakan produk ESRI khususnya ArcGIS Desktop, karena produk ini digunakan oleh sepertiga pasar global dan 80% pengguna GIS di dunia. ArcGIS Desktop memiliki 5 aplikasi dasar yaitu, ArcMAP, ArcCatalog, ArcToolbox, ArcGlobe, ArcScene. Dan pada penelitian ini untuk menentukan lokasi cell site jaringan 3G di Kota Malang menggunakan ArcMAP pada software ArcGIS karena dapat menentukan *coverage* berdasarkan besarnya *cell radius* yang didapat dan dapat di aplikasikan dalam bentuk peta. Berikut adalah tampilan pertama aplikasi ArcMap 10.1 pada ArcGIS.



Gambar 2.8 Tampilan Aplikasi ArcMap 10.1 pada ArcGIS

Sumber : ArcGIS 10.1

Salah satu aplikasi dasar ArcGIS yaitu, ArcMAP. Pada penelitian ini, ArcGIS dapat berfungsi untuk mengelola data wilayah Kota Malang yang dibagi menjadi 5 kecamatan beserta konturnya, dan merancang pelayanan umum (dalam penelitian ini merupakan BTS) yang diproyeksikan dalam *system* koordinat beserta skala pelayanannya berdasarkan *cell radius*.