

BAB II

DASAR TEORI

II.1 SISTEM KOMUNIKASI SELULAR WCDMA

II.1.1 Sejarah dan Perkembangan WCDMA

Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA) merupakan sistem selular bergerak (*mobile celluler*) yang merupakan generasi berikutnya setelah sistem *Code Division Multiple Access* 2000 (CDMA 2000). Sistem generasi sebelumnya yaitu *Code Division Multiple Access One* (CDMA *One*) yang masih termasuk generasi kedua (2G) sistem selular yang mengadopsi teknologi IS-95 dari Amerika Serikat.^[14]

WCDMA adalah proyek *International Telecommunication Union* (ITU) bidang *mobile telephone* yang dikenal sebagai proyek IMT-2000. Berbagai grup studi mengajukan proposalnya, diantaranya *European Telecommunication Standart Institute* (ETSI) dengan sistem *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS). Kemudian kelompok ETSI tersebut berkolaborasi dengan kelompok Jepang lalu mengajukan proposal sistem generasi ke tiga (3G) yang disebut WCDMA. Dari sisi nomenklatur yang digunakan, maka istilah “*wide*” memang menunjukkan bahwa spektrum frekuensi yang ditempati juga makin lebar, yaitu meliputi spesifikasi 5 MHz, 10 MHz dan 15 MHz.^[14]

Angka-2000 pada proyek IMT-2000 memiliki tiga makna. Pertama, standar telekomunikasi selular bergerak tersebut diresmikan di tahun 2000. Kedua, standar ini memiliki kecepatan sampai 2000 kbps. Kemudian yang ketiga, sistem ini beroperasi pada frekuensi 2000 MHz. Sebelumnya telah diperkenalkan sistem CDMA2000 1x, dan CDMA2000 1x EV yang merupakan generasi antara 2G dan 3G. Selanjutnya, kualifikasi yang ditentukan oleh ITU untuk IMT-2000 adalah termasuk :^[14]

- a. Kualitas *voice* setara dengan *wireline*,
- b. Keamanan setara dengan PSTN/ISDN,
- c. Mendukung *multiple operators* (*public / private*, rumah tinggal) pada lokasi yang sama,

Kemampuan *roaming* nasional dan internasional, mendukung kedua pelayanan, *packet switched* (seperti trafik internet) dan *circuit switched* (seperti *video conference*). Pelayanan komunikasi dengan kecepatan datatinggi dan transmisi data *asynchronous*,

- d. Efisiensi spektrum yang tinggi,
- e. Mendukung beberapa *cell layers, Hierarchical Cell Structures* (HCS),
- f. Mampu berdiri berdampingan & berinterkoneksi dengan satelit dan mendukung beberapa skema akses (*compatible*) terhadap komponen-komponen satelit dan terrestrial,
- g. Sebuah pendekatan bertahap untuk data hingga 2 Mbps,
- h. Menggunakan mekanisme baru untuk *billing*,

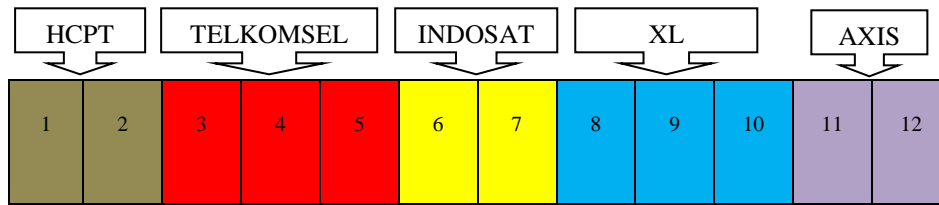
Ada juga yang memberikan kualifikasi kondisi yang diharapkan dari sistem selular masa depan adalah :

- a. Mampu mendukung multi *rate service* (*voice, data, video*),
- b. Mampu beroperasi pada multi *cell environment* (*macro, micro, dan pico cells*)
- c. Mampu dioperasikan pada multi operator *environment* (*public network dan privatenetwork*),
- d. Spektrum bisa digunakan secara maksimal.

Sistem CDMA mempunyai potensi untuk memenuhi syarat-syarat di atas. Satu dari syarat tersebut adalah mendukung pelayanan-pelayanan dengan *bit rate* yang berbeda, misalnya :

- a. *Voice*, hingga 9,6 kbps
- b. *Data*, hingga 2 Mbps
- c. *Video*, hingga 144 kbps

ITU merumuskan IMT-2000 dengan pendekatan tahapan. Pada tahap awal ditargetkan IMT-2000 akan memiliki kecepatan maksimum 2 Mbps dan pada tahap kedua, kecepatan maksimum ini akan meningkat menjadi 20 Mbps. IMT-2000 menawarkan beragam layanan. Sebelumnya belum pernah merancang sistem untuk menyediakan beragam layanan dan mengakomodasi kebutuhan beragam segmen pasar. Diperkirakan bahwa dengan integrasi secara tepat antara satelit dengan komponen darat dari IMT-2000, akan memfasilitasi pengguna awal dengan layanan melalui satelit pada tempat yang infrastruktur komunikasi tetapnya sedikit atau bahkan belum ada, sehingga pembangunan infrastruktur darat akan menyusul kemudian yang sejalan dengan teledensitas populasi.^[14]



Gambar 2.1 Alokasi Blok Frekuensi *Carrier* di Indonesia^[10]

Pada gambar di 2.1 merupakan kondisi pada pita frekuensi 2100 Mhz. Pita frekuensi ini digunakan untuk layanan UMTS dan terdapat 5 operator yang menggunakan frekuensi ini dengan masing – masing memiliki lebar pita 5 Mhz. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa PT. Indosat, Tbk. menempati slot frekuensi di nomor 7 dan 8. Untuk *first carrier* menempati frekuensi *uplink* 1950 MHz dan *downlink* 2140 MHz, sedangkan *second carrier* menempati frekuensi *uplink* 1955 MHz dan *downlink* 2145 MHz.

II.1.2 Standardisasi IMT-2000

Beberapa proposal yang diajukan oleh beberapa grup penelitian yang berasal dari Eropa, Amerika Serikat, Jepang, dan Korea Selatan, dibahas di tingkat ITU dalam beberapa *Study Group* (SG) dan *Task Group* (TG). Tercatat terdapat satu TG dan lima SG yang membahas standardisasi IMT-2000, seperti yang dijelaskan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Grup Standarisasi IMT-2000 di ITU^[14]

Task / Study Group	ITU-R	ITU-T
TG8/1	<i>System aspects</i> <i>Radio aspects</i>	
SG2		<i>Service, Numbering / Identitas, Traffik, Performance.</i>
SG7		<i>Security</i>
SG11		<i>Signaling and Protocol</i>
SG16		<i>Encodig, Compressions, Multiplexing</i>

Misalnya TG8/1 adalah grup yang bertanggung jawab atas IMT-2000 selama lebih dari 10 tahun terakhir. TG8/1 telah menghasilkan kelompok antarmuka radio yang cocok untuk diterapkan pada operasi IMT-2000. Antarmuka tersebut meliputi lingkungan (*environment*) dalam ruangan (*indoor office*), di luar ruangan atau tempat pejalan kaki (*outdoor and pedestrian*), kendaraan bermotor (*vehicular*), dan satelit. Spesifikasi yang dipertimbangkan dalam hal ini adalah, kecepatan transfer data, kebutuhan mobilitas, dll. Satu set standar tersebut ditampung dalam rekomendasi ITU-R. Sedangkan pada sektor aspek data, dalam rekomendasi ITU-T, beberapa grup studi terlibat dalam penyiapan standar IMT-2000 terutama pada aspek jaringan. Pada SG11 misalnya, dirancang teknik pensinyalan dan protokol, yang memegang peran penting pada infrastruktur jaringan yang memberikan fleksibilitas terhadap berbagai *environment* operasi IMT-2000 serta memungkinkan adanya layanan yang luas seperti, suara, data maupun multimedia.^[14]

II.1.3 Konsep Dasar WCDMA

Pada sistem generasi ketiga ini didesain untuk komunikasi multimedia untuk komunikasi *person-to-person* dapat disajikan dengan tingkat kualitas gambar dan video yang baik, dan akses terhadap informasi serta layanan-layanan pada *public* dan *private network* akan disajikan dengan *data rate* dan kemampuan sistem komunikasi pada generasi ketiga ini lebih fleksibel. Sistem ini merupakan evolusi dari sistem CDMA. Infrastrukturnya mampu mendukung *user* dengan *data rate* tinggi, mendukung operasi yang bersifat asinkron, *bandwidthnya* secara keseluruhan 5 MHz dan didesain untuk dapat berdampingan dengan sistem GSM. Sehingga sistem ini didesain dengan karakteristik tertentu dengan parameter-parameter sebagai berikut:

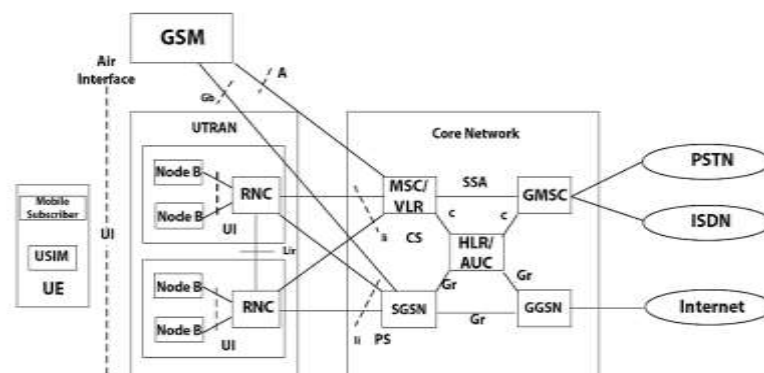
1. WCDMA merupakan suatu sistem *wideband Direct-Sequence Code Division Multiple Access* (DS-SS-CDMA), dalam penjelasannya bit-bit informasi ditebar pada sebuah *wide bandwidth* dengan cara perkalian antara data *user* dengan bit-bit *quasi-random* (disebut *chip*) yang berasal dari kode-kode *spreading* CDMA.
2. *Chip rate* dengan nilai 3.84 Mcps memandu sinyal *user* pada sebuah *carrier bandwidth* yaitu kira-kira 5 MHz. Sistem DS-SS-CDMA biasanya yang dipakai

sebelumnya dengan *bandwidth* sekitar 1 MHz, seperti pada IS-95, secara umum digunakan sebagai dasar *narrowband* pada sistem CDMA. Sudah menjadi sifat dari *wide carrier bandwidth* dari WCDMA mendukung *high user data rate*.

3. Sistem WCDMA mendukung variabel data *rates user* yang cukup besar. Data *rate user* dijaga konstan selama tiap 10, 20, 40 dan 80 ms *frame* tergantung kebutuhan QoSnya. Namun, kapasitas data diantara pengguna dapat berubah dari *frame to frame*.
4. WCDMA mendukung operasi dua *mode* dasar: *Frequency Division Duplex* (FDD) dan *Time Division Duplex* (TDD). Pada mode FDD, frekuensi-frekuensi *carrier* dipisah 5 MHz untuk penggunaan *uplink* dan *downlink* masing-masing, sedangkan pada *mode* TDD hanya satu frekuensi 5 MHz dengan waktu yang dipakai bergantian (*time-shared*) antara *uplink* dan *downlink*. Dengan *uplink* sebagai koneksi dari *mobile user* ke arah *base station*, dan *downlink* sebagai koneksi dari *base station* ke arah *mobile*.^[14]

II.1.4 Arsitektur Jaringan WCDMA

Pada dasarnya arsitektur jaringan WCDMA tidak berbeda jauh dengan arsitektur jaringan sistem GSM atau seluler pada umumnya. Teknologi telekomunikasi *wireless* generasi ketiga (3G) yaitu *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS). *Universal Mobile Telecommunication System* merupakan suatu evolusi dari GSM, dimana *interface* radionya adalah WCDMA, serta mampu melayani transmisi data dengan kecepatan yang lebih tinggi, kecepatan data yang berbeda untuk aplikasi-aplikasi dengan QoS yang berbeda. Arsitektur jaringan UMTS seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Arsitektur jaringan W-CDMA^[14]

Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1, bahwa komponen utama penyusun sistem WCDMA terdiri dari :

a. *Mobile Station (MS)*

MS yang digunakan dalam sistem WCDMA bersifat *portable* dan memenuhi persyaratan untuk layanan multimedia yang disediakan oleh operator. Disamping itu, MS juga harus mendukung layanan yang ditawarkan oleh GSM (*dual mode*) dalam kaitan pengintegrasian dengan jaringan global yang ada sekarang ini. Untuk mengaktifkan MS termasuk inisialisasi dan registrasi, dapat digunakan *smartcard* yang disebut dengan *UMTS Subscriber Identification Module (USIM-card)*.^[15]

b. *Node B / BS*

Fungsi utama dari *Node B* adalah untuk memberikan cakupan radio dan juga menyediakan *air-interface* ke *user*. Fungsi lain yang ada dalam *Node B* yaitu termasuk *radio transceiver*, pengkodean kanal, pengendalian panggilan, pendeteksian akses dan penyediaan kanal radio.^[15]

c. *Radio Network Controller (RNC)*

RNC menyediakan semua hal yang diperlukan untuk pengendalian radio dalam area layanannya seperti *handover* antar RNC, pengontrolan satu atau lebih BS, pengendalian daya, dan alokasi kanal. RNC juga bertindak sebagai suatu *concentrator-site* untuk trafik dan *signaling*. RNC dibangun dengan *ATM switch*, karena hubungan RNC dengan jaringan inti menggunakan *interface ATM*. Dengan menggunakan lapis ATM/AAL2, pengkodean kecepatan yang bervariasi dari suara maupun paket data dapat dilakukan dengan kapasitas *transport* yang terjaga dalam jaringan.^[15]

d. *Mobile Switching Center (MSC)*

MSC merupakan sentral dari jaringan yang menyediakan fasilitas *routing* dan pengendalian sambungan, pelayanan *interworking*, *billing*, interkoneksi ke jaringan lain dan PSTN. Pada MSC juga terdapat komponen yang disebut *Visitor Location Register (VLR)* yang berfungsi sebagai *register* penyedia pembaruan (*updating*) lokasi MS yang *roaming* yaitu MS pengunjung, informasi lokasi dan *database* lokal.^[15]

e. *Home Location Register (HLR)*

HLR merupakan *database* utama jaringan dan mengandung seluruh informasi *user* termasuk layanan apa yang diinginkan oleh *user*, SMS, *voice*, data, atau multimedia.^[15]

II.1.5 Aspek Teknologi WCDMA

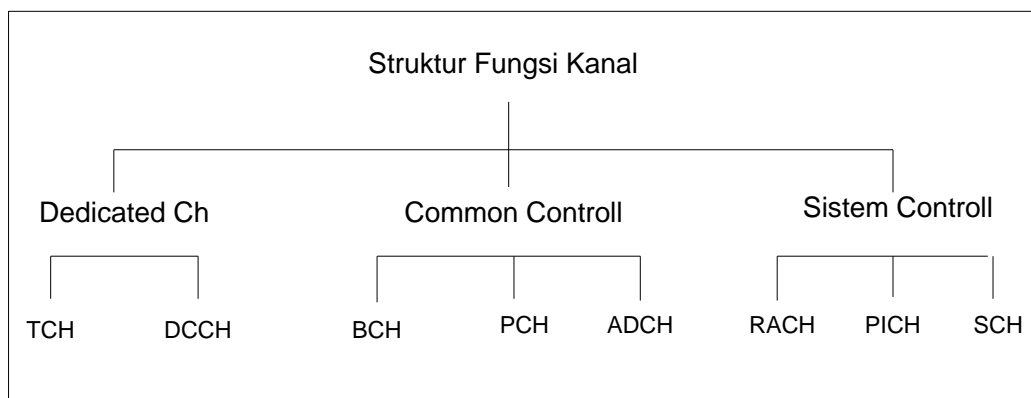
Teknologi yang dimaksud di sini adalah beberapa teknologi yang diterapkan dalam operasional sistem WCDMA sebagai suatu sistem komunikasi bergerak selular.^[14]

a. Alokasi Spektrum Frekuensi Kerja

Frekuensi kerja yang dimaksud adalah merupakan pita frekuensi yang digunakan dalam transmisi sinyal antara MS dengan BS. Alokasi *bandwidth* tersebut beradapada pita frekuensi 2 GHz yang berkisar antara 1920 - 1980 MHz (*uplink*) dan 2110 - 2170 MHz (*downlink*). Pita frekuensi tersebut telah dialokasikan oleh ITU yang mengadopsi sistem UMTS yang merupakan proposal kelompok ETSI (2x60 MHz spektrum UMTS). Pada UMTS/WCDMA, alokasi spektrum minimum untuk sebuah *carrier* adalah sebesar 5 MHz.

b. Pengkalan Radio

Dalam W-CDMA terdapat sejumlah kanal logika. Kanal logika tersebut dikelompokkan menjadi 3 bagian yang dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Struktur Kanal WCDMA^[3]

1. *Common Control Channel*, yang terdiri dari :

- *Broadcast Control Channel* (BCCH)

Kanal *downlinkpoint to multipoint* (dari *Node B* ke semua MS di areanya) yang berisi data tentang informasi sistem dan spesifikasi sel.

- *Forward Access Channel (FACH)*
Kanal *downlink* yang berisi data kontrol ke MS ketika sistem telah mengetahui lokasi sel dari MS tersebut, seperti misalnya *close loop power control* terhadap MS. *Paging Channel (PCH)* kanal *downlink* yang berisi data kontrol ke MS ketika sistem tidak mengetahui lokasi sel dari MS. Kanal ini memberitahukan akan datangnya panggilan, yang diikuti dengan penetapan kanal trafik.
 - *Random Access Channel (RACH)*
Kanal *uplink* untuk informasi kontrol dari MS pada inisialisasi akses ke sistem. Untuk akses *random*, MS mengirim sinyal diikuti dengan *close loop power control*.
2. *Dedicated Channel*, terjadi apabila hubungan antara MS dan BS telah terbangun baik *uplink* maupun *downlink*. Kanal ini terdiri dari :
- *Traffic Channel (TCH)*
Kanal ini berisi sinyal data *user* yang akan ditransmisikan pada *interface* radio, yang dapat berupa suara, data dan video dengan kecepatan yang bervariasi.
 - *Dedicated Control Channel (DCCH)*
Kanal ini membawa informasi kontrol yang akan dipertukarkan antara *Node B* dan MS, yang juga berisi kontrol hubungan, kontrol *mobility* dan kontrol *link*.
3. *System Control Channel*, yang diterapkan pada kanal *downlink* agar *Node B* dapat memantau dan mengidentifikasi, sinkronisasi dan estimasi kanal pada MS. Kanal ini terdiri dari :
- *Pilot Channel (PICH)*
Berfungsi untuk memisahkan kanal fisik *broadcast* pada tiap kanal RF dan laju *chip* dalam sel radio. PICH ditentukan oleh *spreading code PN* pendek dan unik untuk setiap *Node B* dan ditransmisikan secara periodik tanpa modulasi data informasi, sehingga mudah dalam pendeteksian *pilot*, sinkronisasi dan estimasi kanal pada MS.
 - *Synchronization Channel (SCH)*

Berfungsi untuk mensinkronkan *Pilot Channel*. SCH dikirim pada kanal fisik yang terpisah dengan menggunakan *spreading code* PN pendek yang diperoleh dari PICH yang bersangkutan.^[3]

Informasi berupa suara, data dan informasi kontrol ditransmisikan melalui kanal logika yang berbeda. Informasi kontrol ditransmisikan melalui kanal DCCH. Ada dua kategori pembentuk kanal trafik, yaitu *traffic channel/speech* (TCH/S) dan *traffic channel/data* (TCH/D), masing-masing dikodekan dan di *interleave* secara berbeda. Kanal multipleks dapat terjadi dalam beberapa kombinasi, yaitu TCH/S dengan DCCH, TCH/D dengan DCCH, serta TCH/S, TCH/D dan DCCH. Hasil demultipleks antara TCH dengan DCCH dinotasikan sebagai *Dedicated Physical Data Channel* (DPDCH). Tiap DPDCH dilengkapi dengan *Dedicated Physical Control Channel* (DPCCH) yang membawa informasi kontrol lapisan fisik. Selain itu DPCCH membawa informasi tentang penmultipleksan frame DPDCH dan pada kanal *downlink* membawa informasi tentang *power control*. Setiap *link* hanya mempunyai satu DPCCH untuk penjagaan hubungan dan dapat mempunyai satu atau lebih DPDCH. Penggunaan DPDCH yang lebih dari satu pada tiap *link* menunjukkan pentransmisi *multicode*.^[3]

Pada WCDMA, terdapat 2 mode pengiriman paket, yaitu menggunakan *Random Access Channel* dan menggunakan *Dedicated Channel*. RACH dapat digunakan pada saat mengirimkan paket tunggal yang kecil dan *Dedicated Channel* digunakan pada saat mengirimkan paket dalam jumlah yang besar.

Jumlah kanal mewakili jumlah tempat yang dapat digunakan oleh pelanggan dalam melakukan hubungan komunikasinya, satu kanal tepat berisi 1 orang pelanggan untuk kondisi *traffic channel* (TCH) *full rate* dan 2 orang pelanggan untuk kondisi TCH *half rate*. Tetapi TCH *half rate* sangat jarang digunakan karena kualitas dari hubungan komunikasi yang terjalin tidak terlalu bagus. Pen-*setting*-an kanal untuk setiap sektor dari sebuah *Node B* biasanya terdiri dari 256 *Channel Element* (CE).^[11]

Channel Element merupakan sumber daya perangkat *Node B*. Jumlah CE didukung oleh *Node B* itu sendiri, yang menunjukkan kemampuan sumber daya dari *Node B*. Layanan dengan jenis yang berbeda membutuhkan jumlah CE yang berbeda. Sumber daya CE dikelola oleh RNC dan *Node B*. *Node B* melaporkan

kapasitas CE untuk RNC kemudian RNC menentukan apakah layanan yang diminta berdasarkan jumlah CE yang tersedia.^[11]

II.1.6 Daya Kontrol

Daya Kontrol memegang peranan yang penting dalam komunikasi *wireless*. Daya Kontrol meliputi *uplink power control* dan *downlink power control*. Daya Kontrol *downlink* digunakan untuk memperbesar kapasitas sistem, sedangkan pada *uplink* digunakan untuk mengontrol hubungan dan batas *threshold* penerimaan *mobile station*. Pada kanal *uplink*, *power control* yang digunakan merupakan kombinasi *close loop* dan *open loop power control* dalam mendeteksi daya sinyal yang diterima dari *mobile station*. Pada *close loop power control*, *base station* secara terus-menerus mengukur level sinyal yang diterima dari *mobile station*. Dari informasi level sinyal yang diterima tersebut, maka *base station* menentukan perintah *power control* yang dikirimkan melalui kanal *downlink* DPCCH ke *mobile station*. Prosedur *power control* secara lebih jelasnya diuraikan sebagai berikut:

a. Uplink Power Control

- *Mobile station* mentransmisikan inisialisasi daya ke arah *base station*.
- *Base station* mengkalkulasikan inisialisasi daya tersebut (*open loop*) dengan *estimasi pathloss* dan *interferensi*.
- *Base station* mengukur besar C/I pada sinyal yang diterima, lalu mentransformasikannya ke dalam nilai Eb/No dan membandingkannya dengan Eb/No yang ditargetkan.
- Jika nilai Eb/No lebih kecil dari target, maka *base station* meminta *mobile station* untuk menaikkan dayanya secara bertahap, begitupula sebaliknya (*close loop*).^[13]

b. Downlink Power Control

- *Base station* mentransmisikan inisialisasi daya ke arah *mobile station*.
- *Mobile station* mengkalkulasi inisialisasi daya tersebut (*open loop*) dengan *estimasi pathloss* dan *interferensi*.
- *Mobile station* mengukur besar C/I pada sinyal yang diterima. Lalu mentransformasikannya ke dalam nilai Eb/No dan membandingkannya dengan nilai Eb/No yang ditargetkan.

- Jika nilai Eb/No lebih kecil dari target yang dipersyaratkan, maka perintah untuk menaikkan daya dikirimkan ke *base station*, begitupula sebaliknya (*close loop*).^[13]

Salah satu efek yang timbul akibat *power control* yang tidak sempurna yaitu efek jauh dekat yaitu efek dimana setiap pelanggan menggunakan daya pancar yang sama, maka pelanggan yang terdekat dengan *base station* akan mengakibatkan *interferensi* yang sangat besar terhadap pelanggan yang terjauh. Mekanisme pengaturan yang dapat mengatur daya pancar dari setiap *mobile station* sehingga daya tersebut dapat diterima *base station* dengan besar daya yang sama disebut *power control* atau dalam WCDMA disebut *Transmitte Power Control (TPC)*. Keuntungan dari pengontrolan daya yaitu penghematan daya karena daya yang dipancarkan oleh *base station* sesuai dengan daya yang diterima oleh *mobile station*. Pengontrolan daya dilakukan *base station* dengan mengirimkan sinyal secara *continue*. *Base station* tidak mengirimkan sinyal pengontrol daya kepada *mobile station* jika *mobile station* dalam keadaan non aktif yang cukup lama. Pengontrolan daya yang baik akan mengurangi efek *interferensi* sehingga kinerja dari sistem menjadi lebih baik dan kapasitas sistem menjadi lebih besar.

Ada 3 metode pengaturan daya pada *uplink* yaitu:

1. Kontrol daya tertutup (*close loop power control*)

Mengatur daya pancar unit mobil level sinyal yang diterima tetap pada level yang ditargetkan.

2. *Outer Loop*

Mengatur level sinyal digunakan oleh *close loop power control*. Level diatur secara independen untuk tiap sambungan berdasarkan kualitas sambungan.

3. *Open loop power control*

Digunakan untuk mengatur daya pancar dari kanal fisik *access* acak
Ada dua metode yang digunakan untuk pengaturan daya pada *downlink*:

- *Close loop power control*

Mengatur daya pancar *base station* agar level sinyal *downlink* tetap pada daya yang diinginkan

- *Outer Loop*

Mengatur target level sinyal yang digunakan oleh *close loop power control*

II.1.7 Handover

Handover pada WCDMA, merupakan aspek sangat penting setelah *power control*. Dimana sebuah MS yang sedang digunakan bergerak ke sebuah sel yang berbeda, sementara percakapannya sedang berlangsung, MSC secara otomatis memindah percakapan ke sebuah kanal yang baru yang menjadi milik BS yang baru tersebut. Kerja *handover* tidak hanya mencakup identifikasi sebuah BS yang baru, tetapi juga tuntutan pekerjaan dalam sinyal kendali dan percakapannya harus dialokasikan ke kanal-kanal yang berkaitan dengan BS yang baru tersebut.^[14]

Jaringan *mobile* memungkinkan *user* untuk mengakses layanan dalam keadaan bergerak sehingga memberikan kebebasan kepada pengguna dalam hal *mobilitas*. Akan tetapi, kebebasan ini membawa ketidakpastian bagi sistem *mobile*. *Mobilitas* dari pengguna mengakibatkan perbedaan dinamis baik dalam kualitas hubungan maupun *level interferensi*, kadang terjadi keadaan dimana seorang *user* harus berganti *base station* yang melayaninya. Proses ini dikenal sebagai *handover* (HO). *Handover* menjamin keberlangsungan layanan *nirkabel* (*wireless*) ketika *user* bergerak menuju batas-batas sel.^[14]

a. Jenis-jenis *Handover* pada jaringan WCDMA

Ada beberapa jenis *handover* dalam jaringan WCDMA diantaranya :

1. *Intra-system Handover*

Intra-system handover terjadi dalam satu sistem, yang selanjutnya dapat dibagi menjadi *intra-frequency* HO dan *inter-frequency* HO. *Intra-frequency* terjadi di antara sel-sel yang memiliki *carrier* WCDMA yang sama, sementara *inter frequency* terjadi di antara sel-sel yang menggunakan *carrier* WCDMA yang berbeda.

2. *Inter-system Handover* (ISHO)

Inter-system HHO terjadi di antara sel-sel yang memiliki dua teknologi akses radio *Radio Access Technology* (RAT) yang berbeda atau mode akses radio *Radio Access Mode* (RAM) yang berbeda. Kasus yang paling sering untuk *handover* jenis ini diperkirakan terjadi antara sistem WCDMA dan GSM/EDGE.

3. *Hard Handover* (HHO)

HHO adalah kelompok dari prosedur HO dimana semua hubungan yang lama dilepaskan sebelum hubungan radio yang baru dibentuk. Bagi pembawa (*bearer*) *real-time* hal ini berarti pemutusan-hubungan yang singkat dari *bearer*; bagi *bearer non-real-time* HHO berarti *lossless*. *Hard handover* dapat menjadi *intra* atau *inter-frequency handover*.

4. *Soft Handover* (SHO)

Selama proses *soft handover*, MS terus menerus berkomunikasi dengan dua sel atau lebih secara bersamaan yang memiliki BS yang berbeda dari RNC yang sama (*intra-RNC*) atau RNC yang berbeda (*inter-RNC*). Semua hubungan yang lama tidak akan dilepaskan sebelum hubungan radio yang baru terbentuk.

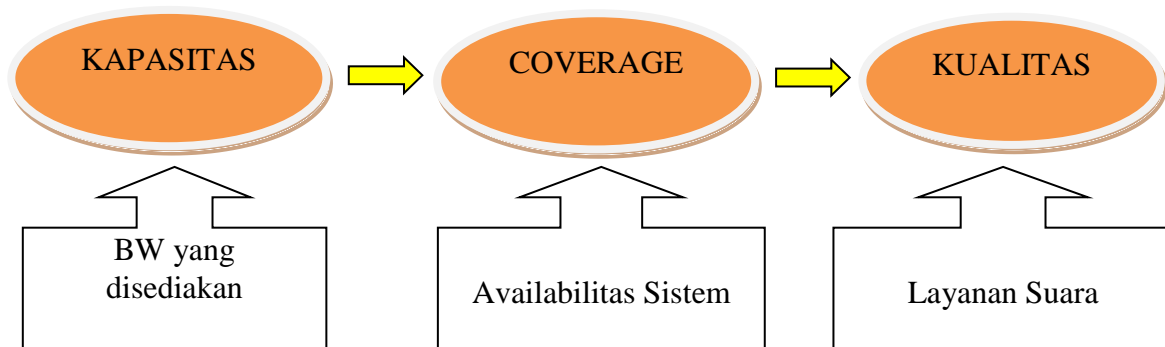
5. *Softer Handover*

Pada kejadian *softer handover*, MS dikendalikan oleh paling tidak dua *sector* pada satu BS, SHO dan *softer HO* hanya mungkin terjadi dalam satu frekuensi *carrier* dan oleh karena itu, termasuk proses *handover intra-frequency*.^[14]

II.2 PERFORMANSI JARINGAN SELULAR

Performansi jaringan selular dianalisis dengan tujuan untuk mengevaluasi jaringan selular yang telah ada dan performannya di masa yang akan datang, apakah masih merupakan suatu jaringan yang tangguh atau membutuhkan perbaikan dari kekurangan yang ada pada jaringan sistem lama serta apakah diperlukan penambahan teknologi baru yang *compatible* dengan sistem yang telah ada.

Konsep evaluasi performansi jaringan selular sejalan dengan konsep perencanaan jaringan selular yang secara umum terdiri dari tiga langkah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2 Langkah – langkah perencanaan jaringan selular

Standar performansi jaringan teknologi WCDMA untuk *Node B* berdasarkan kapasitas trafik merupakan tolak ukur yang akan dianalisis pada penelitian ini. Performansi *Node B* WCDMA dikategorikan ke dalam kondisi baik, sedang atau buruk sesuai dengan standar masing – masing perusahaan telekomunikasi dan biasanya mengacu pada standar performansi teknologi WCDMA itu sendiri.

II.2.1 Tahap – tahap Evaluasi Performansi Jaringan Selular Berdasarkan Kapasitas

Perhitungan yang harus dilakukan untuk mengevaluasi performansi jaringan selular jika dilihat dari kapasitas, baik dari jumlah pelanggan dan kapasitas trafik *existing Node B* WCDMA.

Ada 2 buah gejala dasar yang menjadi pangkal dari perkembangan trafik yaitu :

1. Meningkatnya jumlah pelanggan
2. Meningkatnya jumlah perangkat penyambung

Pengetahuan konsepsi trafik sangat efektif untuk men-smooth operasi. Teori trafik digunakan untuk menentukan permintaan material interkoneksi trunk sentral telepon. Ukuran sentral telepon tergantung pada jumlah pelanggan tersambung dan jumlah sirkit trunk tersambung. Jumlah trunk ditentukan oleh intensitas trafik antar sentral, berdasarkan kriteria blocking tertentu. Beberapa terminologi trafik akan dibahas pada topik yang biasa digunakan pada pengukuran trafik, manajemen dan rekayasa trafik.^[4]

Langkah – langkah yang diperlukan untuk mengevaluasi performansi jaringan, antara lain :

1. Jumlah Kanal

Jumlah kanal mewakili jumlah tempat yang dapat digunakan oleh pelanggan dalam melakukan hubungan komunikasinya, satu kanal tepat berisi 1 orang pelanggan untuk kondisi TCH *full rate* dan tepat 2 orang pelanggan untuk kondisi TCH *half rate*. Kondisi TCH *half rate* tidak pernah digunakan oleh PT. INDOSAT di seluruh *Node B*-nya, dikarenakan akan membuat buruk kualitas dari suatu hubungan komunikasi atau panggilan.^[5]

2. Jumlah Pelanggan

$$\text{JumlahPelanggan} = \frac{A_{sel}}{A_{per\ pelanggan}} \quad (2.1)$$

A_{sel} maksimum diperoleh dari Erlang B^[12] dengan GOS = 2% (mengikuti standar yang digunakan oleh PT. INDOSAT, Tbk) dan jumlah kanal fisik yang terdapat pada masing – masing sektor *existing Node B*.

Distribusi Erlang B tersebut di dapat dari keadaan dimana sumber panggilan tak berhingga, jadi *rate* rata – rata datangnya panggilan sama dengan a (konstan) atau dengan kata lain kedatangan panggilan acak (*random arrival*), yang berarti mempunyai Distribusi Eksponensial Negatif. Pola lamanya waktu pendudukan berdistribusi eksponensial negatif juga jumlah saluran yang menampung terbatas, sehingga panggilan yang datang waktu semua saluran sedang melayani panggilan (sedang sibuk), tidak akan dapat dilayani oleh saluran (jadi berarti hilang). Berkas saluran yang melayani panggilan – panggilan merupakan berkas sempurna (setiap saluran yang bebas dapat diduduki oleh panggilan yang datang).^[5]

3. Trafik Total

$$A_{tot} = \text{Prediksi Pelanggan} \times \text{Trafik Per Pelanggan} \quad (2.2)$$

Dimana :

Estimasi pelanggan = jumlah prediksi pelanggan

Trafik per pelanggan standar PT. INDOSAT, Tbk = 10mE

4. *Grade of Service* (GoS)

Grade of Service (GoS) adalah probabilitas panggilan ditolak (diblok) selama jam sibuk. Tabel GoS diperlukan untuk mengetahui berapa kanal yang dibutuhkan untuk minimum GoS yang disyaratkan.

Blocking Probability digunakan sebagai ukuran GoS yang disebut juga sebagai rugi Erlang. Kadang – kadang suatu panggilan tidak dapat *set up* hanya sekali percobaan, karena perangkat yang dibutuhkan sedang sibuk melayani

panggilan – panggilan yang lainnya. Bila suatu panggilan tidak berhasil, biasanya akan dilanjutkan dengan *re-attempt*. Hal ini akan menyebabkan terjadinya pendudukan perangkat. Sejumlah *Call Attempt* pada sentral dapat mengalami *blocking*, walaupun pada kenyataannya masih ada rute yang bebas *service* dan waktu *processing* tidak dapat langsung melakukan *connection set up*.^[4]

GoS = f(A, n) sebagai berikut :

$$GoS = \frac{A^n/n!}{\sum_{i=0}^n A^i/i!} = \frac{A^n/n!}{1+A+A^2/2!+\dots+A^i/i!} \quad (2.3)$$

Dimana : A = intensitas trafik (Erlang)

n = jumlah saluran (n saluran)^[4]

II.2.2 Langkah – langkah Prediksi Pelanggan

Tahapan dalam prediksi pertambahan jumlah pelanggan adalah sebagai berikut :

1. Prediksi pertambahan jumlah penduduk hingga tahun ke-n diperoleh menggunakan salah satu analisis statistik, yaitu metode deret berkala (*time series methode*) dengan pola yang digunakan adalah pola *tren linier* karena cocok untuk meramalkan jumlah penduduk untuk beberapa tahun mendatang, dengan bentuk umum : $Y = a + b.X$ dari bentuk umum diperoleh^[4] :

$$\sum Y = n.a + b. \sum X \quad (2.4)$$

$$\sum XY = n. \sum X + b. \sum X^2 \quad (2.5)$$

Keterangan :

Y : Prediksi jumlah penduduk hingga tahun ke-n = P(n)

X : Variabel waktu (mengikuti nilai n sebagai data *sample* ke-n)

a : Konstanta (dihitung dari sata *sample* deret berkala)

b : kemiringan = tren → koefisien perubahan nilai Y karena perubahan nilai X

Dari persamaan di atas maka di peroleh persamaan :

$$P(n) = a + b.X \quad (2.6)$$

2. Dengan data jumlah penduduk dan jumlah pelanggan yang ada, dapat ditentukan kepadatan pelanggan sebenarnya. Persamaan yang digunakan :

$$\text{Kepadatan Pelanggan tahun ke-(n-1)} = \frac{\text{Pelanggan tahun ke-(n-1)}}{\text{Penduduk tahun ke-(n-1)}} \quad (2.7)$$

3. Sehingga prediksi penambahan jumlah pelanggan hingga tahun ke-n dapat diperoleh. Persamaannya adalah sebagai berikut :

$$\text{Prediksi Pelanggan tahun ke-n} = \text{Kepadatan Pelanggan tahun ke-(n-1)} \times P_n \quad (2.8)$$

II.2.3 Performansi Jaringan *Node B* Teknologi WCDMA Berdasarkan Persentase *Success Call Rete (SCR)* dan *Drop Call*

Secara umum trafik dapat diartikan sebagai perpindahan informasi dari satu tempat ke tempat lain melalui jaringan telekomunikasi. Besaran dari suatu trafik telekomunikasi diukur dengan satuan waktu, sedangkan nilai trafik dari suatu kanal adalah lamanya waktu pendudukan pada kanal tersebut. Salah satu tujuan perhitungan trafik adalah untuk mengetahui unjuk kerja jaringan (*Network Performance*) dan mutu pelayanan jaringan telekomunikasi (*Quality of Service*).

Trafik terdiri dari beberapa macam, yaitu^[2] :

1. *Offered Traffic* (A) adalah trafik yang ditawarkan oleh jaringan.
2. *Carried Traffic* (Y) adalah trafik yang dimuat atau yang mendapat saluran atau bagian dari *offered traffic* yang dapat dilayani dan diteruskan oleh sistem.
3. *Lost (blocked) Traffic* (R) adalah trafik yang hilang atau yang tidak mendapat saluran. Bagian dari *offered traffic* yang tidak dapat dilayani oleh sistem.

$$A = Y + R \quad (2.9)$$

4. Trafik *Overload* adalah keadaan dimana trafik sudah tidak dapat lagi menampung pelanggan.

$$\text{Presentase Overload} = \text{Call Blocking} \times \text{Trafik Sektor} \quad (2.10)$$

Perhitungan *Success Call Rate (SCR)* dan *Drop Call* adalah salah satu tujuan perhitungan trafik, yaitu yang digunakan untuk mengetahui unjuk kerja jaringan (*Network Performance*). Berikut merupakan perhitungannya :

- i. *Success Call Rate (SCR)*

SCR adalah nilai presentase *carried traffic* (panggilan yang berhasil) dari suatu sistem berbanding dengan seluruh panggilan yang masuk (*attempt*).

Berikut rumus perhitungannya :

$$\text{SCR} = \frac{\text{Call carried}}{\text{Call attempt}} \times 100 \% \quad (2.11)$$

ii. *Drop Call Rate*

Drop call rate adalah nilai presentase *blocked traffic* (panggilan yang gagal) dari suatu sistem berbanding dengan seluruh panggilan yang masuk (*attempt*). Berikut rumus perhitungannya :

$$\text{Drop Call} = \frac{\text{Call blocked}}{\text{Call attempt}} \times 100\% \quad (2.12)$$

Tabel 2.2 Standar Performansi Jaringan *Node B* Teknologi WCDMA berdasarkan Kapasitas Trafik^[14]

Performansi	GoS (%)	Success Call Rate (%)	Drop Call Rate (%)	Offered Traffic = Carried Traffic + Blocked Traffic
Baik	< 1	>93,0	<1	>
Normal	1,0 – 2,0	90,0-93,0	1,0 – 2,0	=
Buruk	>2	<90,0	>2	<

II.3 TOPOGRAFI WILAYAH PURWOKERTO SELATAN

Purwokerto Selatan merupakan salah satu kecamatan yang ada di Kabupaten Banyumas dengan total desa / kelurahan di dalamnya adalah 7 desa dengan klasifikasi daerah masuk ke dalam wilayah *sub-urban*, dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.3 Status Daerah, Letak Geografis dan Topografi Desa, Kecamatan Purwokerto Selatan Tahun 2011^[9]

Desa	Status Desa	Letak Geografis	Topografi	Luas Daerah (km ²)
Berkoh	Perkotaan	Dataran	Datar	1,85
Karangklesem	Perkotaan	Dataran	Datar	3,02
Karangpucung	Perkotaan	Dataran	Datar	1,59

Tabel 2.3 Status Daerah, Letak Geografis dan Topografi Desa, Kecamatan Purwokerto Selatan Tahun 2011^[9]

Desa	Status Desa	Letak Geografis	Topografi	Luas Daerah (km ²)
Purwokerto Kidul	Perkotaan	Dataran	Datar	1,11
Purwokerto Kulon	Perkotaan	Dataran	Datar	1,18
Tanjung	Perkotaan	Dataran	Datar	1,48
Teluk	Perkotaan	Dataran	Datar	3,51

II.4 Sekilas tentang *Software Minitab 16*

Software Minitab 16 adalah *software statistic*, biasa digunakan untuk memudahkan penggunaan operasi – operasi atau teori *statistic* yang sudah dikemas dalam suatu kesatuan *software* yang bernama Minitab. Tujuan *software* ini adalah untuk memudahkan penggunaannya dalam mengimplementasikan data – data dengan teori statistik yang diinginkan.

Pada penelitian ini, Minitab 16 digunakan sebagai alat bantu pengolah data jumlah penduduk per kelurahan yang terdapat di kecamatan Purwokerto Selatan dari tahun 2008 sampai tahun 2012, dan untuk memprediksi jumlah penduduk per kelurahan pada tahun 2013 sampai tahun 2014.

Pada Minitab 16, terdapat *tool stat* dengan metode yang digunakan adalah metode *time series*, yaitu metode yang berubah terhadap waktu dimana dapat terjadi kenaikan atau penurunan dari data seiring berjalannya waktu. Pola yang digunakan pada penelitian ini adalah pola *tren linier*, yaitu dimana perubahan yang terjadi dapat berupa kenaikan atau penurunan yang membentuk garis linier. Selisih antara nilai perhitungan dengan nilai sebenarnya disebut dengan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAPE ini digunakan untuk memberikan petunjuk seberapa besar *error* peramalan terhadap nilai yang sebenarnya.^[5]

Untuk menyelesaikan masalah di masa datang yang tidak dapat dipastikan, orang senantiasa berupaya menyelesaikannya dengan model pendekatan-pendekatan yang sesuai dengan perilaku aktual data, begitu juga dalam melakukan peramalan. Peramalan (*forecasting*) permintaan akan produk dan jasa di waktu mendatang dan bagian-bagiannya adalah sangat penting dalam perencanaan dan pengawasan produksi. Suatu peramalan banyak mempunyai arti, maka peramalan tersebut perlu direncanakan dan dijadwalkan sehingga akan diperlukan suatu periode waktu paling sedikit dalam periode waktu yang dibutuhkan untuk membuat suatu kebijaksanaan dan menetapkan beberapa hal yang mempengaruhi kebijaksanaan tersebut.

Peramalan diperlukan disamping untuk memperkirakan apa yang akan terjadi dimasa yang akan datang juga para pengambil keputusan perlu untuk membuat *planning*. Peramalan adalah suatu perkiraan tingkat permintaan yang diharapkan untuk suatu produk atau beberapa produk dalam periode waktu tertentu di masa yang akan datang. Oleh karena itu, peramalan pada dasarnya merupakan suatu taksiran, tetapi dengan menggunakan cara-cara tertentu peramalan dapat lebih daripada hanya satu taksiran. Dapat dikatakan bahwa peramalan

adalah suatu taksiran yang ilmiah meskipun akan terdapat sedikit kesalahan yang disebabkan oleh adanya keterbatasan kemampuan manusia. Sebelum menjabarkan tentang metode peramalan ini, maka terlebih dahulu diuraikan tentang definisi dari peramalan itu sendiri.

Menurut John E. Biegel:

“Peramalan adalah kegiatan memperkirakan tingkat permintaan produk yang diharapkan untuk suatu produk atau beberapa produk dalam periode waktu tertentu di masa yang akan datang”. (John E. Biegel, 1999)

Dalam peramalan (*forecasting*) tidak jarang terjadi kesalahan misalnya saja penjualan sering tidak sama dengan nilai eksak yang diperkirakan. Sedikit variasi dari perkiraan sering dapat diserap oleh kapasitas tambahan, sediaan penjadwalan permintaan. Tetapi, variasi perkiraan yang besar dapat merusak operasi. Ada tiga cara untuk mengakomodasi perkiraan, yaitu: yang pertama adalah mencoba mengurangi kesalahan melakukan pemerkiraan yang lebih baik. Yang kedua adalah, membuat fleksibilitas pada operasi dan yang terakhir adalah mengurangi waktu tunggu yang dibutuhkan dalam prakiraan. Tetapi kemungkinan kesalahan terkecil adalah tujuan yang konsisten dengan biaya prakiraan yang masuk akal.

Menurut Buffa:

“Peramalan atau *forecasting* diartikan sebagai penggunaan teknik-teknik statistik dalam bentuk gambaran masa depan berdasarkan pengolahan angka-angka historis”. (Buffa S. Elwood, 1996)

Menurut Makridakis:

“Peramalan merupakan bagian integral dari kegiatan pengambilan keputusan manajemen”. (Makridakis, 1988)

Organisasi selalu menentukan sasaran dan tujuan, berusaha menduga faktor-faktor lingkungan, lalu memilih tindakan yang diharapkan akan menghasilkan pencapaian sasaran dan tujuan tersebut. Kebutuhan akan peramalan meningkat sejalan dengan usaha manajemen untuk mengurangi ketergantungannya pada hal - hal yang belum pasti. Peramalan menjadi lebih ilmiah sifatnya dalam menghadapi lingkungan manajemen. Karena setiap organisasi berkaitan satu sama lain, baik buruknya ramalan dapat mempengaruhi seluruh bagian organisasi. (Makridakis, 1988)

Beberapa bagian organisasi dimana peramalan kini memainkan peranan yang penting antara lain: (Makridakis, 1988)

- a. Penjadwalan sumber daya yang tersedia penggunaan sumber daya yang efisien memerlukan penjadwalan produksi, transportasi, kas, personalia dan sebagainya.
- b. Penyediaan sumber daya tambahan

Waktu tenggang (*lead time*) untuk memperoleh bahan baku, menerima pekerja baru, atau membeli mesin dan peralatan dapat berkisar antara beberapa hari sampai beberapa tahun. Peramalan diperlukan untuk menentukan kebutuhan sumber daya di masa mendatang.

- c. Penentuan sumber daya yang diinginkan. Setiap organisasi harus menentukan sumber daya yang ingin dimiliki dalam jangka panjang. Keputusan semacam itu bergantung pada kesempatan pasar, faktor-faktor lingkungan dan pengembangan internal dari sumber daya finansial, manusia, produk dan teknologis.

Semua penentuan ini memerlukan ramalan yang baik dan manajer dapat menafsirkan perkiraan serta membuat keputusan yang tepat. Walaupun terdapat banyak bidang lain yang memerlukan peramalan namun tiga kelompok di atas merupakan bentuk khas dari keperluan peramalan jangka pendek, menengah dan panjang dari organisasi saat ini. Dengan adanya serangkaian kebutuhan itu, maka perusahaan perlu mengembangkan pendekatan berganda untuk memperkirakan peristiwa yang tidak tentu dan membangun suatu sistem peramalan. Pada gilirannya, organisasi perlu memiliki pengetahuan dan keterampilan yang meliputi paling sedikit empat bidang yaitu identifikasi dan definisi masalah peramalan, aplikasi serangkaian metode peramalan, prosedur pemilihan metode yang tepat untuk situasi tertentu dan dukungan organisasi untuk menerapkan dan menggunakan metode peramalan secara formal. Situasi peramalan sangat beragam dalam *horizon* waktu peramalan, faktor yang menentukan hasil sebenarnya, tipe pola dan berbagai aspek lainnya. Untuk menghadapi penggunaan yang luas seperti itu, beberapa teknik telah dikembangkan. Peramalan pada umumnya dapat dibedakan dari berbagai segi tergantung dalam cara melihatnya.

Dilihat dari jangka waktu ramalan yang disusun, peramalan dapat dibedakan atas dua macam, yaitu:

- a. Peramalan jangka panjang, yaitu peramalan yang dilakukan untuk penyusunan hasil ramalan yang jangka waktunya lebih dari satu setengah tahun atau tiga semester. Lebih tegasnya peramalan jangka panjang ini berorientasi pada dasar atau perencanaan.
- b. Peramalan jangka pendek, yaitu peramalan yang dilakukan untuk penyusunan hasil ramalan yang dilakukan kurang dari satu setengah tahun atau tiga semester. Penetapan jadwal induk produksi untuk bulan yang akan datang atau periode kurang dari satu tahun sangat tergantung pada peramalan jangka pendek.

Apabila dilihat dari sifat penyusunannya, maka peramalan dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

- a. Peramalan subjektif, yaitu peramalan yang didasarkan atas perasaan atau intuisi dari orang yang menyusunnya. Dalam hal ini pandangan atau ketajaman pikiran orang yang menyusunnya sangat menentukan baik tidaknya hasil peramalan.
- b. Peramalan objektif, yaitu peramalan yang didasarkan atas data yang relevan pada masa lalu dengan menggunakan teknik-teknik dan metode-metode dalam penganalisaan data tersebut.

Dilihat dari sifat ramalan yang telah disusun, maka peramalan dapat dibedakan atas dua macam, yaitu:

- a. Peramalan kualitatif atau teknologis, yaitu peramalan yang didasarkan atas data kualitatif masa lalu. Hasil peramalan yang ada tergantung pada orang yang menyusunnya, karena peramalan tersebut sangat ditentukan oleh pemikiran yang bersifat intuisi, *judgement* (pendapat) dan pengetahuan serta pengalaman dari penyusunnya. Metoda kualitatif dibagi menjadi dua metode, yaitu:
 - i. Metode eksploratif
Pada metoda ini dimulai dengan masa lalu dan masa kini sebagai awal dan bergerak ke arah masa depan secara heuristik, sering kali dengan melihat semua kemungkinan yang ada.
 - ii. Metode normatif
Pada metode ini dimulai dengan menetapkan sasaran tujuan yang akan datang, kemudian bekerja mundur untuk melihat apakah hal ini dapat dicapai berdasarkan kendala, sumber daya dan teknologi yang tersedia.
- b. Peramalan kuantitatif, yaitu peramalan yang didasarkan atas data kuantitatif pada masa lalu. Hasil peramalan yang dibuat tergantung pada metode yang digunakan dalam peramalan tersebut. Metode yang baik adalah metode yang memberikan nilai-nilai perbedaan atau penyimpangan yang mungkin. Peramalan kuantitatif hanya dapat digunakan apabila terdapat tiga kondisi sebagai berikut: (Makridakis, 1988)

Metode peramalan kuantitatif terbagi atas dua jenis model peramalan yang utama, yaitu:

- a. Model deret berkala (*time series*), yaitu:
Metode peramalan yang didasarkan atas penggunaan analisa pola hubungan antara variabel yang akan diperkirakan dengan variabel waktu, yang merupakan deret waktu.
- b. Model kausal, yaitu metode peramalan yang didasarkan atas penggunaan analisa pola hubungan antara variabel lain yang mempengaruhinya, yang bukan waktu yang disebut metode korelasi atau sebab akibat.^[12]