

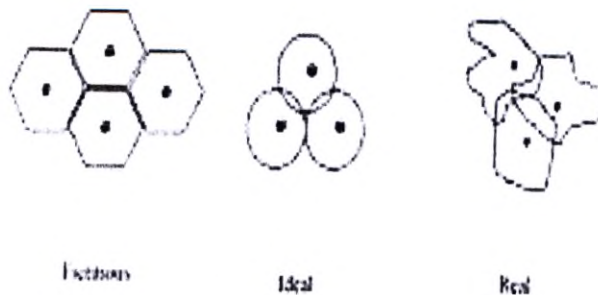
BAB II

CDMA (CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS)

2.1 Komunikasi Selular

Penggunaan transmisi radio untuk keperluan akses pelanggan atau yang disebut *radio telephone* sudah dilakukan semenjak beberapa dekade. Problem pokok yang dihadapi *radio telephone* adalah area cakupan dan jumlah kanal (*voice circuit*) yang harus disediakan. Keberadaan sistem radio selular adalah salah satu jawaban dalam memecahkan problema pokok tersebut, karena secara teknis memungkinkan memperluas area cakupan dan jumlah kanal secara mudah.

Disebut radio selular karena area layanannya dibagi-bagi menjadi beberapa area kecil yang disebut sel. Satu sel merupakan area cakupan (*coverage area*) suatu stasiun bumi (*Base Station, BS*). Bentuk dan ukurannya tergantung pada jenis antena yang digunakan, kontur permukaan bumi, dan besar kecilnya daya pancar. Secara ideal bentuk area cakupan seluler seperti dalam gambar 2.1 berikut ini.



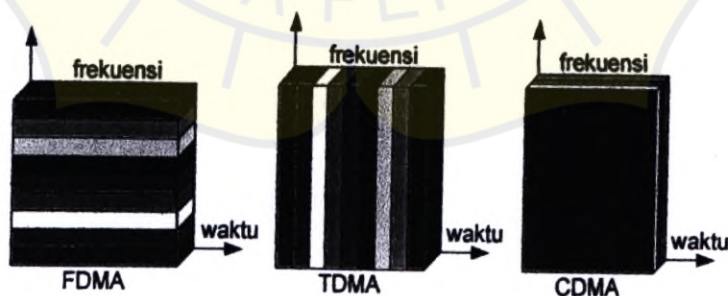
Gambar 2.1 Bentuk area cakupan

Semakin banyak jumlah sel dalam area cakupan tertentu, maka kapasitas kanal yang disediakan semakin banyak pula, dibandingkan dengan apabila area tersebut hanya dicakup oleh satu *base station*.

2.2 Metode Akses Jamak

Pada sistem radio ada dua macam sumber daya, yaitu frekuensi dan waktu. Keberadaan sumber daya ini terbatas, sehingga perlu dicari *metode* untuk mengakses sumber daya ini agar dapat dipergunakan secara optimal oleh banyak pengguna. *Metode* ini dikenal sebagai *metode akses jamak*.

Teknologi akses jamak yang digunakan dalam sistem komunikasi *nirkabel* untuk berbagai lebar pita yang dijatahkan pada sistem, secara garis besar dapat dikategorikan menjadi tiga kelompok, yakni akses jamak pembagi frekuensi (*Frequency Division Multiple Access, FDMA*), akses jamak pembagi waktu (*Time Division Multiple Access, TDMA*), dan akses jamak pembagi sandi (*Code Division Multiple Access, CDMA*) seperti yang dijelaskan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Berbagai teknik akses jamak

2.2.1 FDMA

Dalam *metode* akses jamak ini, frekuensi dibagi menjadi beberapa kanal frekuensi yang lebih sempit. Tiap pengguna akan mendapatkan kanal frekuensi yang berbeda untuk berkomunikasi secara bersamaan. Kanal frekuensi yang sedang digunakan tidak dapat digunakan oleh pengguna lain. Antar kanal dipisahkan dengan bidang frekuensi yang lebih sempit lagi untuk menghindari *interferens* antar kanal yang berdekatan. Informasi bidang dasar yang dikirim ditumpangkan pada sinyal pembawa (*carrier signal*) agar menempati alokasi frekuensi yang diberikan.

2.2.2 TDMA

Pada *metode* akses ini, tiap pengguna akan menggunakan seluruh *spektrum* frekuensi tertentu yang disediakan tetap dalam waktu yang singkat yang disebut alur waktu (*time slot*). Tiap pengguna akan mendapatkan sebuah alur waktu yang berulang secara *periodis* dan hanya diijinkan untuk mengirim informasi pada alur waktu tersebut. Antar alur waktu diberi jeda waktu (*guard time*) untuk menghindari *interferens* antar pengguna. Jika alur waktu dalam frekuensi yang diberikan sedang digunakan semua, maka pengguna berikutnya harus diberikan alur pada frekuensi yang lain.

2.2.3 CDMA

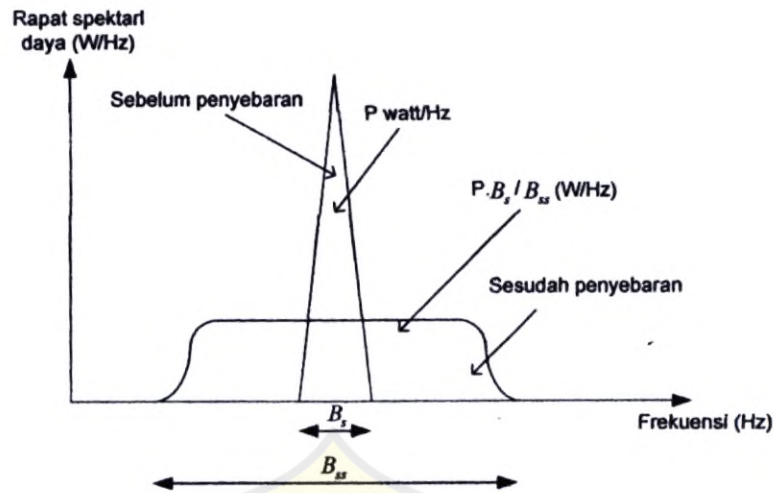
Pada *metode* akses ini, setiap pengguna menggunakan frekuensi yang sama dalam waktu bersamaan tetapi menggunakan kode unik yang saling *ortogonal*. Kode-kode ini membedakan antara pengguna satu dengan pengguna yang lain. Pada jumlah pengguna yang besar, dalam bidang frekuensi yang diberikan akan ada banyak sinyal dari pengguna sehingga *interferens* akan meningkat. Kondisi ini akan menurunkan unjuk kerja sistem. Ini berarti kapasitas dan kualitas sistem dibatasi oleh daya *interferens* yang timbul pada lebar bidang frekuensi yang digunakan.

CDMA merupakan akses jamak yang menggunakan prinsip komunikasi *spektrum* tersebar. *Spektrum* bidang dasar yang hendak dikirim disebar dengan menggunakan isyarat dengan lebar bidang yang besar yang disebut sebagai isyarat penyebar (*spreading signal*).

Metode ini dapat dianalogikan dengan cara berkomunikasi dalam satu ruangan yang besar. Setiap pasangan dapat berkomunikasi secara bersama-sama tetapi dengan bahasa yang berbeda, sehingga pembicaraan pasangan satu bisa dianggap seperti suara kipas bagi pengguna yang lain, karena tidak diketahui maknanya. Pada saat banyak yang berkomunikasi, maka ruangan menjadi bising. Kondisi ini membuat ruangan menjadi tidak kondusif lagi untuk berkomunikasi oleh karena itu, jumlah yang berkomunikasi harus dibatasi. Agar jumlah yang berkomunikasi bisa maksimal maka kuat suara tiap pembicara tidak boleh terlalu keras.

2.3 Teknik *Spektrum* Tersebar

Lahirnya sistem komunikasi *spektrum* tersebar (*spread spektrum*) pada pertengahan tahun 1950 dilatar belakangi oleh kebutuhan akan sistem komunikasi yang dapat mengatasi masalah *interferens*, dapat menjamin kerahasiaan informasi yang dikirim dan dapat beroperasi pada tingkat S/N (*signal to derau ratio*) yang rendah atau tahan terhadap derau yang besar. Dalam sistem komunikasi sekarang ini, dimana penggunaan frekuensi sudah cukup padat sehingga *interferens* dan derau penerima (*transceiver*) lain cukup besar. Dalam komunikasi radio kita juga sering mendengar adanya penyadapan pembicaraan pada telepon genggam oleh pesawat radio lain. Namun dengan sistem *spektrum* tersebar ketakutan yang dialami pada sistem komunikasi di atas akan dapat diatasi karena data yang dipancarkan pada sistem *spektrum* tersebar adalah data acak seperti derau. Jadi jika penerima tidak mengetahui kode yang digunakan untuk melebarkan data maka penerima hanya akan menerima sinyal derau saja. Istilah *spektrum* tersebar digunakan karena pada sistem ini sinyal yang ditransmisikan memiliki lebar bidang yang jauh lebih lebar dari sinyal informasi (mencapai ribuan kali). Proses lebar bidang sinyal informasi ini disebut penyebaran seperti yang dijelaskan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Spektrum sinyal spektral tersebar

Sistem dasar *spektrum* tersebar adalah mengubah suatu isyarat seperti derau dengan lebar bidang B_{ss} , seperti pada Gambar 2.3. Sumbu Y menyatakan rapat *spektral* daya *spektrum* tersebar, dan sumbu X menyatakan lebar bidang. Pengirim mengirimkan isyarat dengan daya P (watt) dan kecepatan informasi adalah R_b (bit/detik) dengan menggunakan modulasi *spektrum* tersebar lebar bidang diubah menjadi B_{ss} dengan $B_{ss} \geq R_b$, dengan B_{ss} disebut lebar bidang *spektrum* tersebar.

Kelebihan lain yang dimiliki *spektrum* tersebar adalah sistem ini dapat digunakan untuk berbagai akses secara CDMA, FDMA dan TDMA, maka CDMA saat ini merupakan sistem yang sedang di minati oleh perusahaan komunikasi, karena dapat digunakan pada frekuensi yang sama secara bersamaan.

Sebuah sistem *spektrum* tersebar harus memenuhi kriteria sebagai berikut.

1. Sinyal yang dikirimkan menduduki lebar bidang yang jauh lebih lebar dari pada lebar bidang minimum yang diperlukan untuk mengirimkan sinyal informasi.
2. Pada pengirim terjadi proses penyebaran yang menebarkan sinyal informasi dengan bantuan sinyal kode yang bersifat *independen* terhadap informasi.
3. Pada penerima terjadi proses pengawasebaran (*despreading*) yang melibatkan korelasi antara sinyal yang diterima dan replika sinyal kode yang dibangkitkan sendiri oleh suatu generator lokal.

Kode yang digunakan pada sistem *spektrum* tersebar memiliki sifat acak tetapi periodik sehingga disebut sinyal acak semu (*pseudo random*). Kode tersebut bersifat seperti derau tapi *deterministik* sehingga disebut juga derau semu (*pseudo noise*). Pembangkit sinyal kode ini disebut *Pseudo Random Generator* (PRG) atau *Pseudo Noise Generator* (PNG). PRG inilah yang akan melebarkan dan sekaligus mengacak sinyal data yang akan dikirimkan. Dalam komunikasi *spektrum* tersebar semakin lebar bidang akan semakin tahan terhadap gangguan (*jamming*) dan akan semakin terjamin tingkat kerahasiaannya. Disamping itu akan semakin banyak kanal yang bisa dipakai.

Konsep komunikasi *spektrum* tersebar didasarkan pada teori C.E. Shannon untuk kapasitas saluran, yakni:

$$C = W \log_2(1 + S/N)$$

Dimana:

C = kapasitas kanal transmisi (bit/detik)

W = lebar pita frekuensi transmisi (Hz)

N = daya derau (watt)

S = daya sinyal (watt)

Dari teori tersebut terlihat bahwa untuk menyalurkan informasi yang lebih besar pada saluran berderau dapat ditempuh dengan dua cara, yakni:

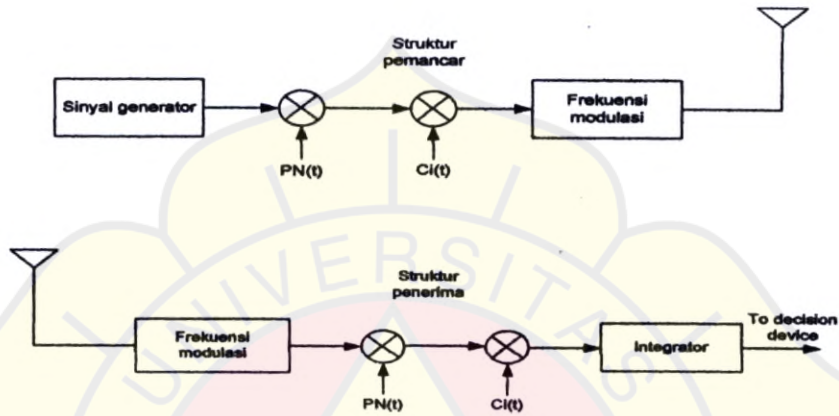
1. Dengan cara *konvensional*, dimana W kecil dan S/N besar.
2. Cara penyebaran *spektrum*, dimana W besar dan S/N kecil.

Sistem komunikasi *spektrum* tersebar sebagai salah satu sistem komunikasi *digital*, memiliki beberapa kelebihan dibandingkan sistem komunikasi *analog* yaitu: lebih kebal terhadap gangguan (*jamming*), mampu menekan *interferens*, dapat dioperasikan pada aras daya yang rendah, kemampuan berbagai akses secara CDMA, kerahasiaan lebih terjamin, dan cakupan yang luas.

Teknik penyebaran yang terkenal dan banyak dipilih para produsen dalam *desain* produk adalah *spektrum* tersebar runtun langsung (*Direct Sequence Spread Spectrum*, DSSS). DSSS adalah versi yang paling umum dari *spektrum* tersebar yang digunakan sekarang ini, dikarenakan kesederhanaannya dan kemudahan untuk diimplementasikan. Sinyal data dimodulasi dengan PN urutan kode, dengan frekuensi yang lebih tinggi.

Struktur pemancar dan penerima dari DSSS ditunjukkan pada Gambar 2.4. Struktur kedua pemancar dan penerima sangat mendasar sekali. Pemancar hanya mengalikan sinyal data dengan urutan PN dan kode CDMA, kemudian

memodulasinya pada frekuensi pembawa, dan pada penerima hanya melakukan operasi kebalikan dan mengintegrasikan sinyal yang diterima. Tetapi, proses ini dilakukan dengan asumsi bahwa terdapat *sinkronisasi* sempurna antara pemancar dan penerima. Oleh karena itu, ada kebutuhan untuk penerima untuk mendapatkan *sinkronisasi* dengan pemancar.



Gambar 2.4 Struktur pemancar dan penerima untuk DS-SS

2.4 Telepon Bergerak CDMA

CDMA adalah teknik akses jamak berdasarkan teknik komunikasi *spektrum* tersebar, pada kanal frekuensi yang sama dan dalam waktu yang sama digunakan kode-kode yang unik untuk mengidentifikasi masing-masing pengguna. Sifat sistem CDMA yang mempengaruhi peningkatan kualitas jaringan adalah sebagai berikut :

2.4.1 *Multi Diversitas*

Pada sistem pita sempit seperti modulasi analog FM yang digunakan dalam generasi pertama dalam sistem selular, adanya pudaran lintasan (*multipath fading*) akan menghasilkan pudaran (*fading*) yang sangat besar. Dengan modulasi CDMA yang merupakan modulasi pita lebar, sinyal-sinyal yang berbeda lintasan dapat diterima secara terpisah dengan menggunakan penerima *rake*, hal ini menyebabkan berkurangnya efek dari pudaran lintasan. Meskipun demikian efek dari pudaran lintasan ini tidak dapat dihilangkan karena ada lintasan yang tidak dapat diproses oleh *demodulator*, lintasan seperti ini kadang-kadang dapat muncul dan menghasilkan pudaran.

Diversitas adalah usaha untuk mengurangi pudaran. Ada tiga tipe *diversitas* yang sering digunakan yaitu *diversitas* waktu, frekuensi dan ruang. *Diversitas* waktu dapat dilakukan dengan jalan *interleaving* dan koreksi kesalahan. Dalam sistem CDMA *diversitas* frekuensi dilakukan dengan menyebar *spektrum* pada pita frekuensi yang jauh lebih besar. *Diversitas* ruang dapat diperoleh dengan cara berbagai sinyal dari dua atau lebih lokasi sel (*soft handoff*), dengan menggunakan penerima *rake* yang memungkinkan sinyal yang tiba dengan penundaan perambatan yang berbeda diterima secara terpisah kemudian digabungkan dan dengan berbagai antena pada lokasi sel.

2.4.2 Daya Pancar Yang Rendah

Disamping peningkatan kapasitas secara langsung, hal lain yang penting adalah menurunnya E_b/N_o yang dibutuhkan untuk mengatasi derau dan *interferens*. Ini berarti penurunan aras daya pancar yang dibutuhkan. Penurunan ini menyebabkan berkurangnya biaya dan memungkinkan MS (*mobile station*) dengan daya yang rendah beroperasi pada jarak yang lebih jauh dibanding pada analog atau TDMA untuk aras daya yang sama. Lebih jauh lagi, pengurangan persyaratan daya pancar akan meningkatkan kemampuan pencakupan sel dan berarti pengurangan jumlah sel yang dibutuhkan untuk mencakup wilayah tertentu.

Keuntungan lain yang diperoleh adalah pengurangan daya rata-rata yang dipancarkan sebagai akibat *realisasi* kontrol daya pada CDMA. Pada sistem pita sempit, harus selalu dipancarkan daya yang cukup untuk mengatasi pudaran yang muncul tiba-tiba. CDMA menggunakan kontrol daya untuk menyediakan daya yang dibutuhkan hanya pada waktu yang dibutuhkan, aras daya yang tinggi dipancarkan hanya pada saat ada pudaran, sehingga mengurangi daya rata-rata yang ditransmisikan.

Daya pancar yang rendah itu disebabkan pula karena adanya pemanfaatan deteksi aktifitas suara, dimana data informasi dipancarkan dengan kecepatan yang tinggi hanya pada saat ada pembicaraan sedangkan pada saat jeda kecepatan data yang dipakai rendah.

2.4.3 Keamanan (*Privacy*)

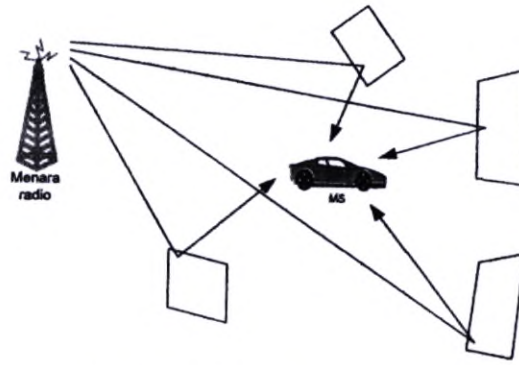
Bentuk pengacakan sinyal pada sistem CDMA memungkinkan tingkat keamanan yang tinggi dan membuat sistem digital ini kebal terhadap percakapan silang. Meskipun sistem CDMA sudah memiliki tingkat keamanan yang tinggi, sistem ini masih mungkin untuk dikembangkan dengan menggunakan teknik pengacakan yang ada.

2.4.4 Pudaran Lintasan (*Multipath Fading*)

Dalam komunikasi selular, pada umumnya sinyal yang sampai ke antena penerima MS tidak hanya berasal dari sinyal lintasan langsung tetapi juga dari lintasan pantul. Jadi sinyal yang diterima itu merupakan penjumlahan dari banyak isyarat. Karena panjang setiap lintasan tidak sama maka masing-masing isyarat mengalami penundaan yang berbeda-beda sehingga informasi akan mengalami penundaan penyebaran.

Pudaran lintasan ini dapat pula menyebabkan *variasi* sinyal yang sangat besar karena sinyal-sinyal tersebut dapat saling menguatkan maupun saling melemahkan. *Variasi* sinyal ini disebut sebagai pudaran *Rayleigh*.

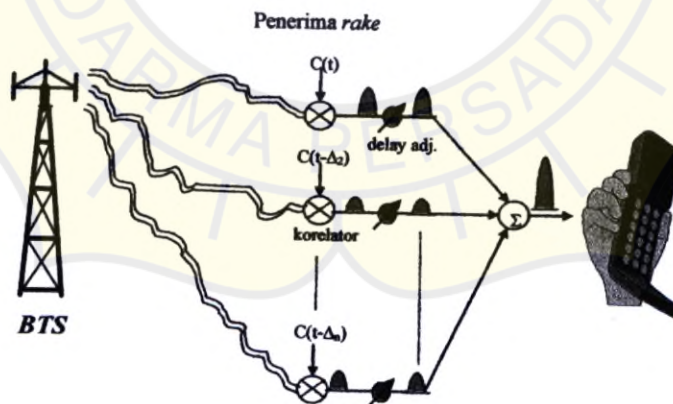
Efek lain dari lintasan ini adalah akibat dari pergerakan MS yang menyebabkan frekuensi sinyal terima bergeser dari frekuensi asal (efek *Dopler*).



Gambar 2.5 Lintasan sinyal

2.4.5 Penerima Rake

Karena adanya lintasan maka akan diperoleh tambahan derau pada sistem apabila penundaan penyebaran lebih besar dari waktu *chip*. Peningkatan unjuk kerja dapat dilakukan apabila lintasan-lintasan yang tiba pada penerima dapat dideteksi secara terpisah dan kemudian digabungkan secara *koheren* (disamakan phasanya). Penerima seperti ini disebut penerima *rake*.



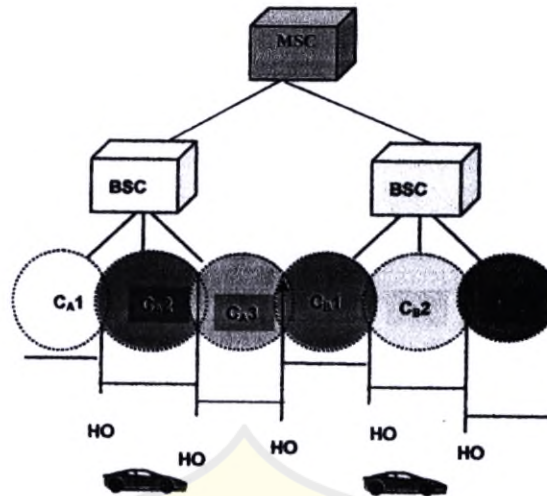
Gambar 2.6 Penerima Rake

Seperti terlihat pada gambar 2.6, bagian penerima *rake* terdiri atas beberapa pencabangan. Masing-masing pencabangan terdiri atas korelator

(*corelator*) yang berfungsi untuk mendeteksi komponen sinyal lintasan jamak yang masuk. Perbedaan waktu tunda dan *fase* antar komponen sinyal lintasan jamak yang masuk kemudian akan diperiksa oleh korelator dan kemudian dilakukan proses *sinkronisasi fase* dan waktu tunda. Kemudian masing-masing sinyal pada bagian korelator akan mengalami proses pengawasebaran (*despreading*) dengan menggunakan kode PN yang sama dengan bagian pengirim. Keluaran korelator ini kemudian masuk ke penggabung (*combiner*) tempat sinyal akan mengalami proses pembobotan dan penggabungan. Selanjutnya, sinyal hasil keluaran penggabung akan mengalami pengintegralan. Sehingga keluaran akhir dari penerima *rake* ini berupa sinyal pendekatan ke sinyal CDMA aslinya yang dikirim dari pemancar.

2.4.6 *Handoff* pada CDMA

Handoff adalah perpindahan kanal dari MS tanpa terjadinya pemutusan hubungan dan tanpa campur tangan pemakai. *Handoff* terjadi karena pergerakan MS dari cakupan sel lama masuk ke cakupan sel yang baru. *Handoff* merupakan fasilitas di dalam sistem selular untuk menjamin adanya *kontinuitas* komunikasi apabila pelanggan bergerak dari satu sel ke sel yang lain, seperti diilustrasikan pada Gambar 2.7.



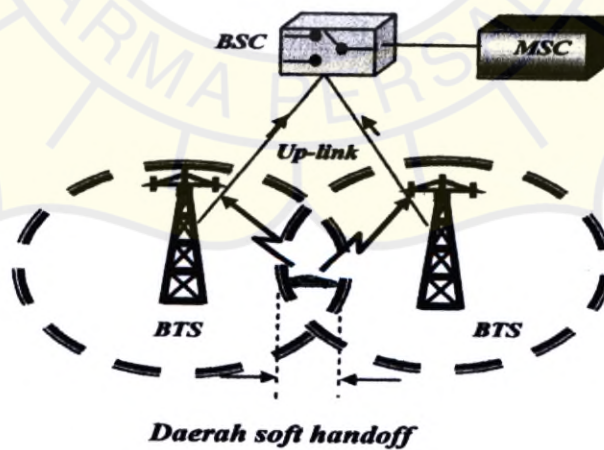
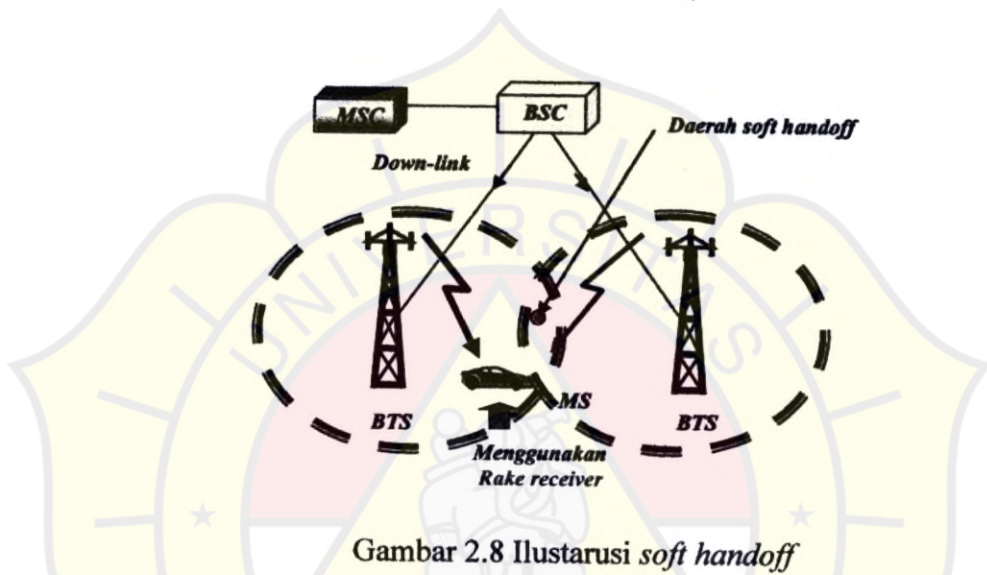
Gambar 2.7 Ilustrasi layanan

Ketika sebuah MS yang sedang digunakan bergerak ke sebuah sel yang berbeda, sementara percakapannya sedang berlangsung, MSC secara otomatis memindah percakapan ke sebuah kanal baru yang menjadi milik BTS (sel) baru tersebut. Kerja *handoff* ini tidak hanya mencakup pengidentifikasian sebuah BTS yang baru, tetapi juga tuntutan pekerjaan dalam hal sinyal-sinyal kendali dan percakapannya harus dapat dialokasikan ke kanal-kanal yang berkaitan dengan BTS yang baru tersebut. Kendali daya dilakukan MSC ketika komunikasi sedang berlangsung untuk menjaga kualitas panggilan. Kanal kendali khusus akan digunakan sebagai kanal trafik dan pada kondisi ini panggilan akan dikendalikan oleh BTS dan juga MSC. *Drop call* akan terjadi jika sampai pada waktu tertentu (yang merupakan bagian dari *optimasi system*), MS tidak mendapatkan kanal suara dari BTS yang baru.

1. Pindah tangan antar sel (*Soft Handoff*)

Pindah tangan antar sel terjadi pada saat MS sedang dalam panggilan. Selama proses pindah tangan, MS dilayani secara simultan oleh dua atau tiga

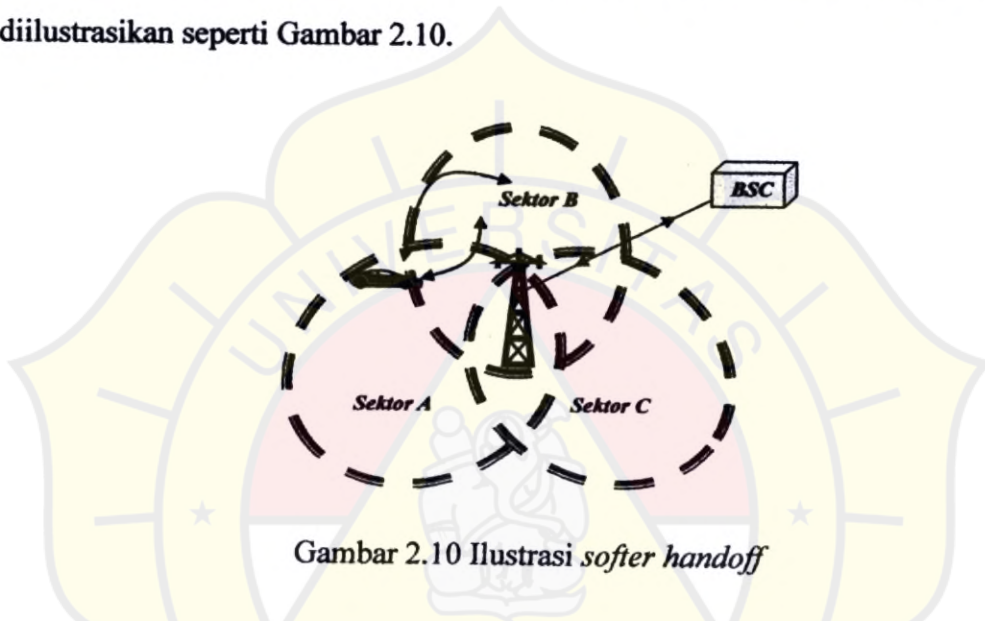
BTS. Ketika MS bergerak dari sel lama ke sel yang baru (target), hubungan kanal trafik dengan sel lama dan sel yang baru tetap dijaga sampai salah satu sel dipilih oleh MSC. Jadi pada tipe pindah tangan ini, koneksi baru dibuat sebelum koneksi yang lama diputus (*make before break*). Proses pindah tangan ini dapat diilustrasikan seperti Gambar 2.8 dan Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Lanjutan ilustrasi *soft handoff*

2. Pindah Tangan Antar Sektor (*Softer Handoff*)

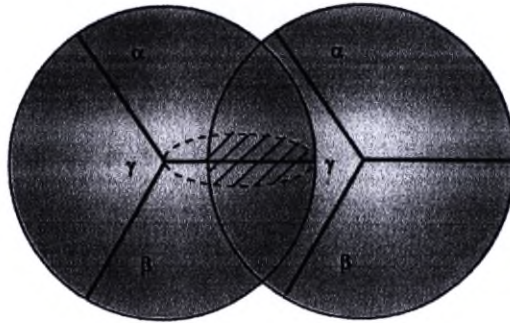
Pada pindah tangan tipe ini, MS berkomunikasi pada dua atau tiga sektor dalam satu sel sistem yang sama. Calon kanal yang akan digunakan pada sel yang didekati telah diduduki terlebih dahulu sebelum proses *handoff* yang sebenarnya terjadi (*make before break*) sehingga menghasilkan kualitas suara yang baik atau mampu menghindari *drop call*. Proses terjadinya *softer handoff* dapat diilustrasikan seperti Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Ilustrasi *softer handoff*

3. *Soft – Softer Handoff*

Tipe pindah tangan ini merupakan kombinasi antara beberapa sel dan beberapa sektor pada sel yang sama. MS berkomunikasi dengan dua sektor dari sel yang sama dan satu sektor dari sel yang lain. Pindah tangan ini dapat diilustrasikan seperti Gambar 2.11.



Gambar 2.11 *Soft-soft handoff*

4. *Idle Handoff*

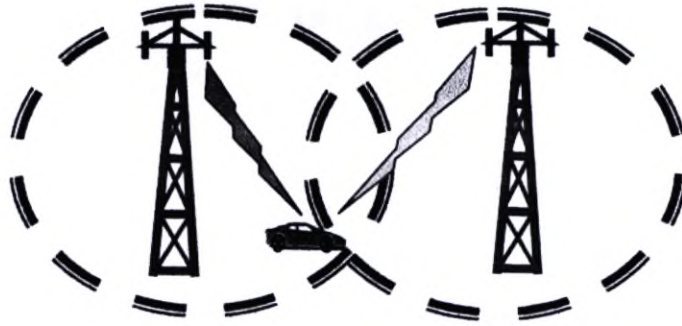
Pindah tangan tipe ini terjadi pada saat pengguna tidak dalam panggilan. MS memonitor kanal pilot suatu BTS sambil mencari kanal pilot yang lebih kuat dari pada kanal pilot dari sel yang sedang melayaninya maka dilakukan *idle handoff* tanpa bantuan *stasion basis*. Pindah tangan ini dapat diilustrasikan seperti Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Ilustrasi *idle handoff*

5. *Hard Handoff*

Berbeda dengan *soft handoff*, pada tipe pindah tangan ini koneksi dengan kanal trafik lama diputus sebelum koneksi dengan kanal trafik baru dibentuk (*break before make*). Proses pindah tangan ini dapat diilustrasikan seperti Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Ilustrasi *hard handoff*

2.4.7 Pilot Sets

Kanal pilot menjadi acuan dalam penentuan kondisi *handoff*. *Pilot* diidentifikasi oleh MS dan dikategorikan menjadi empat grup, antara lain.

1. *Active set*, adalah *pilot* yang dikirimkan oleh BTS tempat MS tersebut aktif. Banyaknya *pilot* yang termasuk kategori ini tergantung pada banyaknya komponen penerima *RAKE*.
2. *Candidate Set*, terdiri atas *pilot* yang tidak termasuk dalam *active set*. *Pilot* ini harus diterima dengan sinyal yang baik untuk mengidentifikasi bahwa kanal trafik *link forward* yang dibawa dapat didemodulasikan dengan baik.
3. *Neighbour Set*, terdiri atas *pilot* yang tidak termasuk dua kelompok sebelumnya, dan merupakan *pilot* yang digunakan untuk memberitahukan sel terdekat untuk proses *handoff*.
4. *Remaining Set*, terdiri dari keseluruhan *pilot* dalam sistem kecuali yang terdapat pada *active set*, *candidate set*, dan *neighbour set*.

MS akan memperkirakan daya *pilot* dan ambang untuk memperkirakan perubahan *pilot set*. MS memperkirakan daya *pilot* dengan membandingkan daya *pilot* dan daya total *link forward* yang diterima. MS menggunakan *search window* untuk *pilot* pada *active set* dan *candidate set*.

2.5 Arsitektur Jaringan CDMA 2000 1x

Arsitektur jaringan CDMA 2000 1x terdiri atas:

1. *Base Transceiver Station* (BTS)

- a. Bertanggung jawab mengalokasikan kanal (sandi *Walsh*) dan daya untuk konsumsi pelanggan.
- b. Mempunyai perangkat radio fisik yang digunakan untuk mengirim dan menerima sinyal CDMA 2000 1x.
- c. Beberapa kanal logika dan kanal fisik yang dialokasikan oleh BTS pada saat menetapkan kanal untuk suatu pelanggan, yakni: *Fundamental Channels* (FCHs), *FCH forward power*, *Walsh code required*.

2. *Base Station Controller* (BSC)

- a. Bertanggung jawab untuk mengontrol semua BTS yang ada di bawah pengawasannya.
- b. Merutekan paket dari BTS ke PDSN atau dari PDSN ke BTS.
- c. Merutekan trafik TDM ke *circuit-switched platform* (MSC).

3. *Home Location Register (HLR)*

HLR merupakan tempat yang berisi informasi pelanggan yang digabungkan dengan pengantar layanan paket data.

4. *Mobile Switching Center (MSC)*

MSC diletakkan di pusat jaringan komunikasi bergerak dan juga bekerja dengan jaringan lain seperti PSTN.

5. *Router*

- a. Merutekan paket-paket ke berbagai elemen jaringan dan dari berbagai elemen jaringan di dalam sistem CDMA 2000 1x.
- b. Juga bertanggung jawab untuk mengirimkan dan menerima paket dari jaringan *internal* ke jaringan *eksternal (offnet platform)* atau sebaliknya.

6. *Fire Wall*

Fire Wall diperlukan untuk mempertahankan sistem keamanan kedalam ketika sistem CDMA2000 dikoneksi ke aplikasi data lainnya.

7. *Packet Data Serving Network (PDSN)*

Fungsi dari PDSN adalah mendukung layanan-layanan data dan melakukan fungsi-fungsi utama sebagai berikut.

- a. Membangun, memelihara dan menghentikan sesi *protokol* terminal ke terminal (PPP) dengan pelanggan.

- b. Mendukung layanan-layanan paket IP yang sederhana dan IP yang bergerak.
- c. Membangun, memelihara dan menghentikan jalur logika ke jaringan radio melalui antarmuka paket radio.
- d. Menginisiasi *Authentication*, *Authorization*, dan *Accounting* (AAA) untuk *MS client* ke AAA server.
- e. Merutekan paket-paket ke dan dari jaringan data paket eksternal.

8. *Authentication, Authorization, and Accounting* (AAA)

AAA server berkomunikasi dengan PDSN lewat IP dan melakukan fungsi-fungsi utama sebagai berikut.

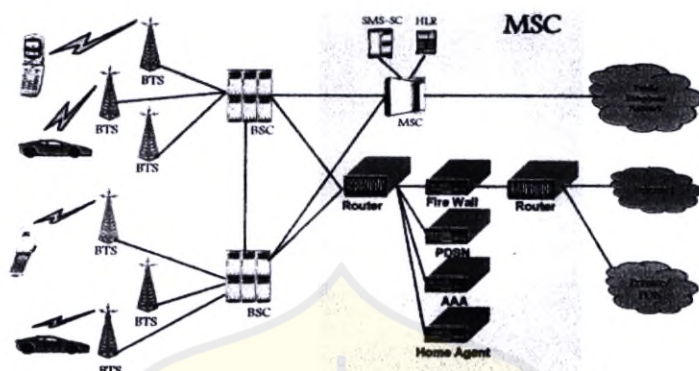
- a. *Authentication* yang diasosiasikan dengan PPP dan koneksi IP bergerak.
- b. *Authorization* (profil layanan serta manajemen dan distribusi kunci keamanan).
- c. *Accounting*

9. *Home Agent* (HA)

- a. *Home Agent* (HA) adalah komponen utama ketiga untuk jaringan layanan data paket CDMA 2000 1x.
- b. Melakukan banyak tugas, yang salah satu diantaranya adalah jalur lokasi pelanggan IP bergerak, ketika bergerak dari zona paket satu ke zona paket yang lain.

Arsitektur jaringan CDMA secara umum dapat dilihat seperti Gambar

2.14.



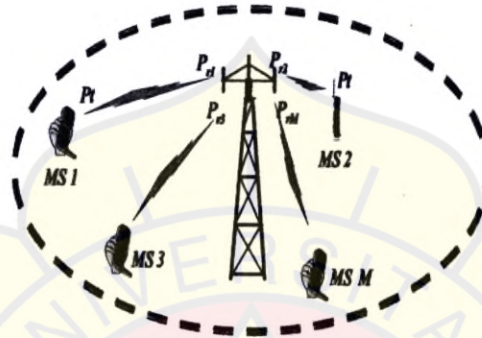
Gambar 2.14 Arsitektur jaringan CDMA 2000-1x

2.6 Kendali Daya

Kendali daya adalah kunci dalam teknologi berbasis CDMA. Kendali daya diimplementasikan untuk mengatasi masalah jarak antara MS dengan BTS, disamping itu dapat digunakan untuk mengurangi konsumsi daya dengan mentransmisikan daya minimum yang dibutuhkan untuk menjaga kualitas. Kendali daya didesain agar mampu mengestimasi daya MS agar layak diterima oleh BTS.

Jika sinyal yang ditransmisikan oleh semua MS mempunyai suatu aras daya yang sama, maka sinyal yang kuat akan menutupi sinyal yang lemah yang berasal dari MS yang jauh dari BTS. Dan sinyal yang kuat akan menyebabkan suatu *interferens* yang tidak diinginkan pada MS yang lain jika hal itu tidak dikontrol, seperti diilustrasikan Gambar 2.15. Hal seperti ini disebut sebagai efek

jarak yang juga akan mengakibatkan kapasitas dari sistem menjadi terbatas. Untuk mengurangi efek jarak maka sistem CDMA menggunakan kendali daya untuk semua sinyal yang diterima oleh BTS dari semua MS, sehingga semua MS akan mempunyai aras daya yang sama ketika sinyalnya sampai di BTS, seperti diilustrasikan pada Gambar 2.16.



Gambar 2.15 Ilustrasi MS pada sebuah sel



Gambar 2.16 Kendali daya pada CDMA

L_1 = redaman propagasi total pada jarak d_{km}

γ = propagation power law

$$10\gamma = 44,9 - 6,55 \log_{10} h_1$$

Rumusan model propagasi Hata adalah:

$$L(\text{dB}) = 69,55 + 26,16 \log_{10} f_{\text{MHz}} - 13,82 \log_{10} h_1 - a(h_2) + (44,9 - 6,55 \log_{10} h_1) \log_{10} d_{km} - K \quad (2.2)$$

dengan:

f = frekuensi

h_1 = tinggi antena BS

h_2 = tinggi antena MS

d_{km} = jarak antara BTS dan MS (km)

Pada jari-jari sel, $d_{km} = R_{km}$ dan redaman sama dengan MAPL, maka persamaan

(2.1) menjadi :

$$\text{MAPL} = L(R_{km}) = L_1 + 10\gamma \log R_{km} \quad (2.3)$$

Radius Sel Menurut Propagasi Okumura Hata

Rumusan radius sel dapat diturunkan dari persamaan (2.3) sehingga menjadi:

$$R_{km} = \log^{-1} \left(\frac{MAPL - L_1}{10\gamma} \right) \quad (2.4)$$

Area Kota Besar (*Urban area*)

$$R_{km} = \log^{-1} \left(\frac{MAPL - [69,55 + 26,16 \log_{10} f_{MHz} - 13,82 \log_{10} h_1 - a(h_2)]}{44,9 - 6,55 \log_{10} h_1} \right) \quad (2.5)$$

dengan:

$$a(h_2) = 3,2(\log_{10} 11,75h_2)^2 - 4,97 \quad (2.6)$$

$$K = 0$$

Area Kota Sedang (*Sub Urban area*)

$$R_{km} = \log^{-1} \left(\frac{MAPL - [69,55 + 26,16 \log_{10} f_{MHz} - 13,82 \log_{10} h_1 - a(h_2) - K]}{44,9 - 6,55 \log_{10} h_1} \right) \quad (2.7)$$

dengan:

$$a(h_2) = (1,1 \log_{10} f_{MHz} - 0,7)h_2 - (1,56 \log_{10} f_{MHz} - 0,8) \quad (2.8)$$

$$K = 2[\log_{10}(f_{MHz}/28)]^2 + 5,4 \quad (2.9)$$

Area Pedesaan (*Open area*)

$$R_{km} = \log^{-1} \left(\frac{MAPL - [69,55 + 26,16 \log_{10} f_{MHz} - 13,82 \log_{10} h_1 - a(h_1) - K]}{44,9 - 6,55 \log_{10} h_1} \right) \quad (2.10)$$

dengan:

$$a(h_2) = (1,1 \log_{10} f_{MHz} - 0,7) h_2 - (1,56 \log_{10} f_{MHz} - 0,8) \quad (2.8)$$

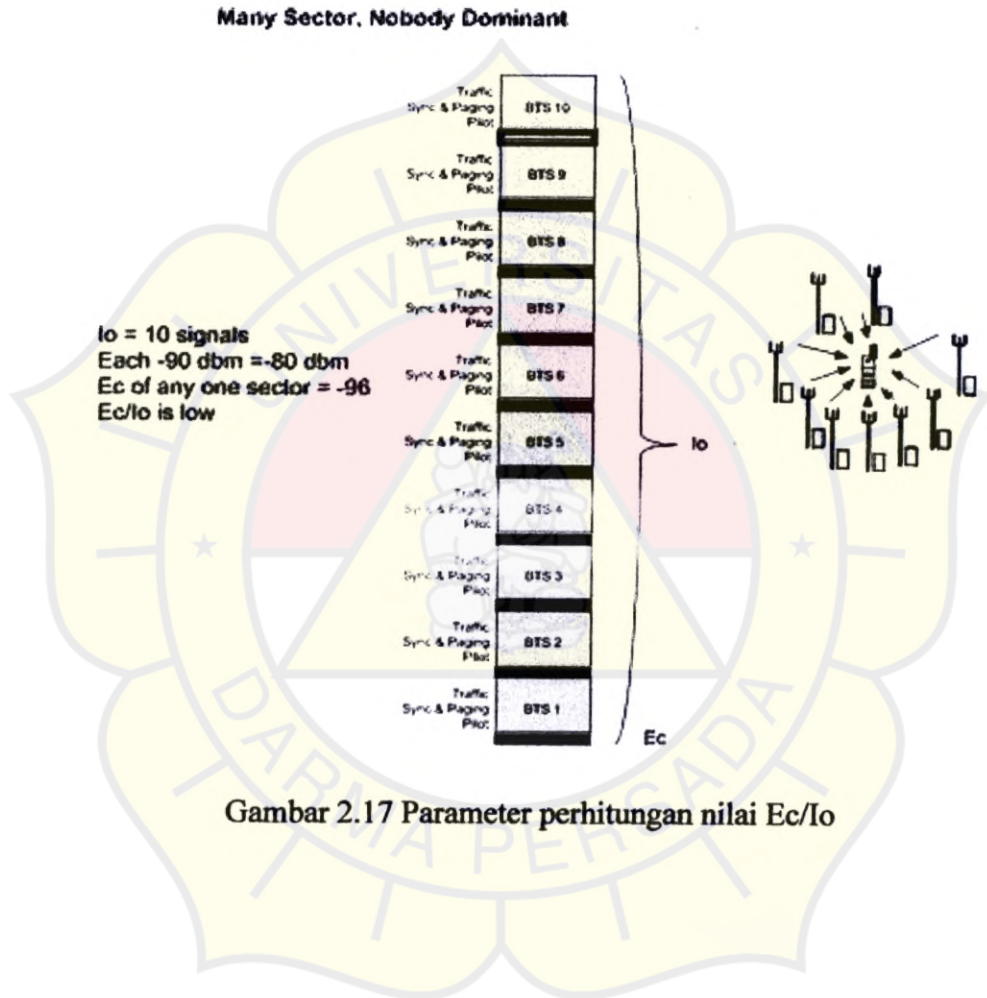
$$K = 4,78 (\log_{10} f_{MHz})^2 - 18,33 \log_{10} f_{MHz} + 40,94 \quad (2.11)$$

2.9 Rasio Antara Energi / Chip terhadap Spektral Energi *Interferensi*

E_c adalah Energi Chip, merupakan pengukuran kuat sinyal pilot yang diekspresikan dalam unit dBm dan dirubah kedalam satuan mW. Besarnya nilai E_c dapat dicari dengan menghitung daya penerimaan pada BTS ($P_{RX_{BTS}}$) dari MS dengan kapasitas BTS. I_o adalah daya total yang terukur dalam suatu kanal CDMA 1.25 MHz. Ini sudah termasuk seluruh 64 kode *Walsh* dari setiap BS dan noise atau *interferensi* lainnya yang mungkin terdapat dalam kanal CDMA 1.25 MHz, diekspresikan dalam satuan dB. Nilai I_o ini membantu dalam perhitungan *rasio* antara level daya suatu BS dengan BS lainnya

Pada komunikasi bergerak CDMA, E_c/I_o menunjukkan level daya minimal ketika MS masih bisa melakukan panggilan (menunjukkan kualitas sinyal arah maju) dan menentukan kapan MS harus melakukan *handoff*. Dimana E_c/I_o merupakan perbandingan daya sinyal pada *chip* terhadap sinyal derau dan *interferens*. Semakin banyak BTS yang mengcover MS, maka semakin kecil nilai

Ec/Io nya dan kualitas sinyal pada MS tidak bagus (lemah) karena terlalu banyak BTS yang mengcover pada satu MS. Dan jika semakin sedikit BTS yang mengcover MS, maka semakin besar nilai Ec/Io nya dan kualitas sinyal pada MS semakin bagus (kuat). Parameter perhitungan Ec/Io dapat dijelaskan seperti pada Gambar 2.17 sebagai berikut :



Gambar 2.17 Parameter perhitungan nilai Ec/Io