

## B A B II

### SISTEM KOMUNIKASI RADIO SELULAR

#### 2.1. SISTEM KOMUNIKASI TELEPON MOBIL

Sistem Radio Telepon Mobil dengan sistem pancaran selular adalah realisasi dari salah satu cara untuk mengembangkan Sistem Telepon Mobil yang telah ada, disamping untuk memecahkan permasalahan yang dihadapi oleh sistem dengan pelayanan yang lebih luas.

Dalam sistem telepon mobil dengan sistem daerah pelayanan yang luas, bila kapasitas pelayanannya tinggi maka dibutuhkan jumlah frekuensi dan kanal yang besar. Semakin tinggi kapasitas pelanggannya maka semakin besar juga frekuensi dan kanal yang harus disediakan.

Hal ini akan menyebabkan bertambahnya pula kebutuhan peralatan untuk sistem. Sampai pada suatu kondisi dimana besarnya frekuensi yang diperlukan tidak dapat lagi disediakan. Demikian pula dengan pertambahan jumlah kanal untuk mengatasi kepadatan lalu lintas hubungan juga akan terbatas sampai jumlah tertentu, mengingat makin besarnya kanal (pelanggan) maka diperlukan sistem switching yang besar pula.

Pemecahan masalah kepadatan frekuensi dengan pemakaian frekuensi yang ada secara berulang (frequency reuse) dalam daerah pelayanan luas akan menimbulkan interferensi antar sinyal yang dapat menurunkan kualitas komunikasinya. Demikian pula bila pemecahan masalah itu dilakukan dengan membagi

daerah pelayanan yang luas itu menjadi beberapa daerah dengan mengalokasikan sejumlah frekuensi tertentu juga tidak akan mencukupi sesuai dengan jumlah yang disediakan. Disamping itu dalam pengoperasiannya juga tidak menguntungkan, yaitu :

- Ketika pelanggan bergerak atau berpindah tempat dari suatu daerah frekuensi radio ke daerah frekuensi radio yang lain dimana saat itu pembicaraan sedang dilaksanakan. Begitu ia memotong jalur batas antara dua daerah maka ia harus mendial nomor kembali untuk melanjutkan pembicaraannya tadi yang terputus.
- Ketika pelanggan itu berada di daerah frekuensi radio lain dimana ia tidak diregistrasikan disitu, maka ia tidak dapat dipanggil.

Untuk dapat menjangkau pelanggan ditempat terjauh dari sentral radio telepon maka sistem dengan daerah pelayanan luas ini memerlukan daya output transmitter yang cukup tinggi. Disamping banyaknya penghalang garis pandang (line of sight) seperti bangunan-bangunan tinggi, jembatan dan lain-lain akan menimbulkan cacat dalam hubungan yang dapat menurunkan kualitas komunikasinya.

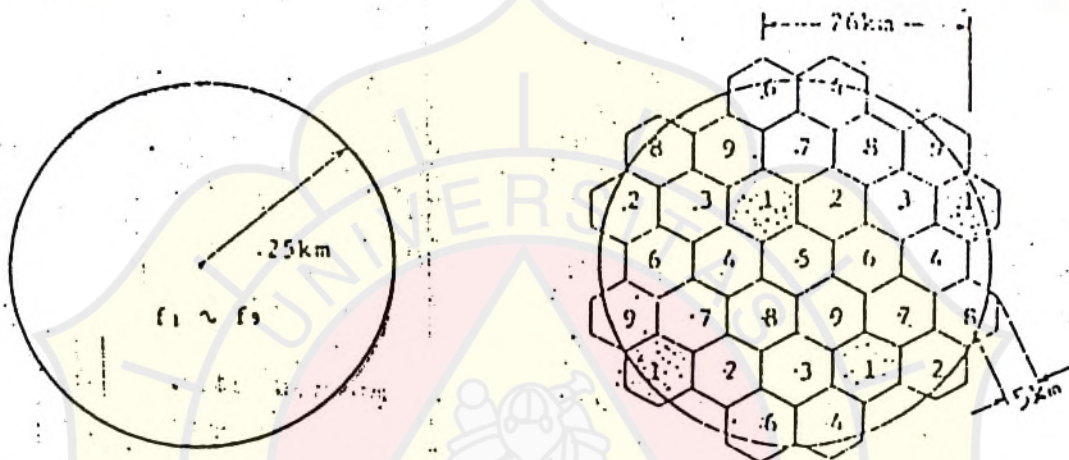
Sedangkan dalam sistem dengan daerah pelayanan sempit (selular) ini dilaksanakan dengan membagi daerah pelayanan yang luas menjadi sejumlah daerah pelayanan kecil yang disebut "sel".

Pada gambar 2 dibawah ini akan diperlihatkan (sebagai contoh) bahwa daerah pelayanan dengan radius 25Km dibagi menjadi bagian-bagian (sel) yang beradius lebih kecil (5Km).

Bila jumlah pelanggan disatu daerah sel sangat padat, maka radius pelayanan ini akan diperkecil lagi (misalnya, sampai 1km).

## 2.2. SISTEM KOMUNIKASI MOBIL SELULAR

Pada setiap daerah sel ditempatkan satu peralatan radio yang disebut "unit sel", yang berfungsi mengelola pelanggan yang berada didaerahnya.



Sistem daerah pelayanan luas

Sistem selular

Gambar 2. prinsip sistem pancaran Gelombang Radio

Sistem selular ini dirancang dengan tujuan :

- dapat dipergunakan frekuensi radio secara efisien serta dimungkinkan untuk penggunaan yang serentak dan berulang (frequency reuse).
- dapat dilaksanakan pelayanan untuk pelanggan dengan jumlah kapasitas tinggi.
- dapat dipergunakannya kanal yang tersedia secara efektif untuk proses penyambungan.
- dapat dilaksanakan proses penyambungan dengan kecepatan tinggi.
- dapat mempergunakan transceiver yang berdaya rendah.

Dalam sistem pancaran selular ini daerah pelayanan yang lebar dibagi menjadi unit-unit daerah pelayanan (sel). Setiap sel dilayani oleh satu kelompok frekuensi, dan beberapa sel yang terpisah dapat memiliki frekuensi radio yang sama. Tetapi untuk menghindari interferensi antar sinyal, maka pada sel-sel yang berdekatan dipergunakan frekuensi yang berbeda.

Secara istimewa sistem selular ini didisain untuk dapat direalisasikan untuk penggunaan frekuensi radio secara efektif, dengan penggunaan secara serentak dan berulang.

Pada gambar 2. radius pelayanan 25 Km dibagi menjadi unit-unit sel dengan radius 5Km. Dalam daerah radio yang kecil ini frekuensi pertama  $f_1$  dipergunakan empat kali,  $f_2$  juga dipergunakan empat kali,  $f_3$  tiga kali dan seterusnya.

Sebagai akibatnya, dalam waktu yang bersamaan (serentak) 31 panggilan dapat dilaksanakan melalui 9 kanal/frekuensi saja. Dari sini terlihat bahwa efisiensi penggunaan frekuensi radio dapat dinaikkan.

Untuk mengatur dan mengendalikan operasi peralatan-peralatan di setiap sel, maka ditengah-tengah pelayanan yang luas ditempatkan sentral (switching) telepon mobil (Mobil Telepon Switching Office-MTSO).

Setiap pelanggan telepon mobil dapat dihubungkan dengan salah satu unit sel diantara beberapa unit sel yang ada melalui media Mata Rantai (Link) radio dengan Modulasi Frekuensi (FM). Sedangkan hubungan antara unit sel dengan sentral induk Telepon Mobil melalui berbagai media transmisi yang memungkinkan (misalnya kabel).

Secara umum sistem peralatan untuk sistem Radio Telepon Mobil dengan sistem pancaran selular terdiri dari 3 bagian besar yaitu :

- peralatan sentral induk
- peralatan unit sel
- peralatan unit pelanggan mobil.

Blok diagram dari sistem peralatan ini diperlihatkan pada bab 3.

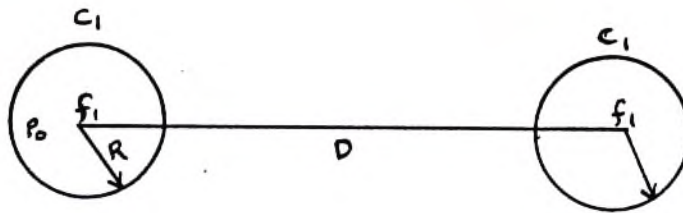
### 2.3 KANAL FREKUENSI REUSE

Kanal frekuensi reuse adalah merupakan kanal frekuensi yang digunakan pada sistem telepon mobil dengan sistem pancaran selular. Didalam sistem telepon mobil dengan sistem pancaran selular penggunaan frekuensi reuse yang dimaksudkan adalah untuk menentukan penempatan sel-sel yang berbeda, agar tidak menjadi reuse tetapi dapat juga digunakan pada daerah frekuensi dan kanal yang sama.

Dalam sistem telepon mobil dengan sistem pancaran selular, suatu kanal radio terdiri dari sepasang frekuensi yang digunakan untuk operasi full dupleks.

Suatu kanal radio, misalnya  $f_1$  digunakan pada suatu daerah geografis yang disebut sebagai "Cell", misalnya disebut C, dengan radius pancaran R, dapat digunakan kembali pada Cell yang lain dengan radius yang sama dengan jarak pisah D, seperti terlihat pada gambar 3.

Dalam hal ini sistem frekuensi reuse merupakan sistem frekuensi yang dapat meningkatkan efisiensi spektrum yang



Gambar 3. Perbandingan D/R

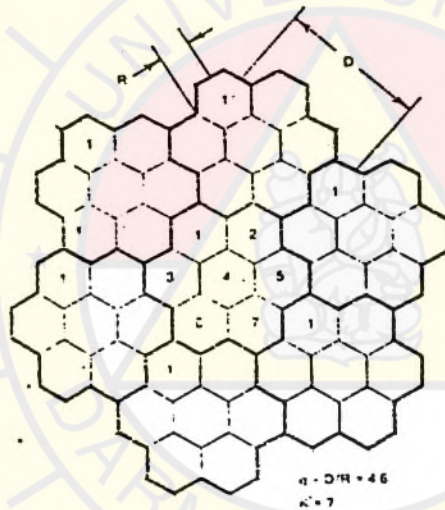
lebih baik karena sistem frekuensi reuse merupakan sistem frekuensi yang dapat menentukan penempatan sel-sel yang berbeda, dan juga sistem frekuensi reuse ini dapat digunakan untuk daerah frekuensi dan kanal yang sama jika sistem ini dirancang dengan baik. Tetapi sebaliknya jika sistem frekuensi reuse ini dirancang dengan tidak baik maka dapat mengakibatkan terjadinya interferensi. Dimana interferensi-interferensi yang terjadi yang diakibatkan oleh frekuensi reuse pada kanal yang sama disebut "Cochannel Interference". Sedangkan sistem frekuensi reuse dalam domain waktu dengan frekuensi yang sama pada time slot yang berbeda, disebut sebagai TDM (Time Division Multipleks). Dalam TDM ini frekuensi reuse dapat ditentukan kedalam dua katagori :

1. Frekuensi yang sama dibentuk didalam dua daerah geografis yang berbeda. Seperti misalnya sistem AM atau FM menggunakan frekuensi yang sama pada lokasi yang berbeda.
2. Frekuensi yang sama diulang-ulang untuk digunakan dalam suatu daerah yang sama yang berada pada satu sistem, model ini digunakan pada sistem selular,

yang terdiri dari beberapa Cochannel sel pada satu sistem

Dalam hal ini frekuensi reuse yang digunakan adalah frekuensi reuse yang ditempatkan kedalam frekuensi reuse  $K = 7$ . Sebagai ilustrasinya lihat gambar 4.

Jarak minimum dimana frekuensi yang sama dapat digunakan kembali tergantung pada beberapa faktor, yaitu jumlah Cochannel sel, type permukaan tanah, (kondisi geografis, tinggi antena, dan daya pancar pada setiap sel).



Gambar.4 Jarak frekuensi reuse  $K = 7$

Jarak frekuensi reuse  $D$  dapat ditentukan dari rumus :

$$D = \sqrt{3k} R$$

$$D = 4.6R \text{ untuk } K = 7$$

Jika semua sel-sel memancarkan daya yang sama maka frekuensi reuse  $K$  dan jarak frekuensi reuse  $D$  akan bertambah pula. Dengan bertambahnya jarak frekuensi reuse ini dapat mengurangi kemungkinan terjadinya "Cochannel Interference".

Berdasarkan teori-teori diatas tadi maka besarnya K dapat ditentukan sesuai dengan rumus yang ada. Jadi jelaslah bahwa jumlah total kanal yang dialokasikan tetap. Jika K terlalu besar jumlah kanal yang ditentukan untuk setiap K buah sel menjadi lebih kecil. Jadi jelaslah bahwa jika jumlah total kanal pada K buah sel dibagi dengan bertambahnya K, maka akan terjadi ketidak efisiensi sistem trunk. Jika jumlah jumlah total kanal dibagi menjadi dua sistem jaringan yang melayani area yang sama, maka ketidak efisiensi akan bertambah.

Tantangan saat ini adalah untuk mendapatkan jumlah K yang paling kecil yang masih akan tetap mendapatkan kebutuhan sistem yang diinginkan. Hal ini termasuk "Cochannel Interference" dan memilih jarak frekuensi reuse D yang minimum Nilai terkecil dari K adalah 3, yang didapat dengan setting  $i = 1, j = 1$  pada persamaan  $K = i^2 + ij + j^2$ .

Sistem penomoran pada pelanggan yang digunakan didalam sistem telepon mobil dengan sistem pancaran selular khususnya. Ditentukan berdasarkan daerah-daerah jam sibuk. Dalam hal ini digunakan beberapa hal untuk menentukan penomoran yaitu ukuran sel dan penomoran kanal yang berbeda. Pada penomoran panggilan maksimum pada saat-saat jam sibuk setiap jam setiap sel biasanya ditujukan ke sel-sel yang utama. Dimana pada saat-saat jam sibuk nomor panggilan yang maksimum yang terjadi didalam frekuensi dan kanal disetiap suatu sel didaerah masing-masing sel dapat dialihkan pada sel-sel yang lainnya. Dimana nomor yang digunakan adalah 11



digit untuk setiap pelanggan telepon mobil yaitu :

Digit pertama menyatakan identitas pelanggan telepon mobil dengan sistem selular.

Dua digit berikutnya menyatakan jenis hubungan telepon yang akan diadakan, apakah dengan pelanggan telepon mobil lainnya, apakah dengan pelanggan telepon rumah, atau hubungan interlokal.

Tiga digit berikutnya menyatakan nomer daerah sel radio atau nomer kota bila hubungan dimaksud dengan pelanggan telepon mobil dengan sistem pelayanan selular juga, yang menunjukkan dimana pelanggan itu diregistrasikan.

Dan lima digit yang terakhir merupakan nomer dari pelanggannya.

### 2.3. MEKANISME HAND OFF

Ketika suatu unit mobil mulai bergerak dari daerah jangkauan bagian sel yang utama dan memasuki daerah jangkauan yang kedua maka penerimaan akan menjadi lemah. Kehadiran bagian-bagian sel utama itu pada saat memasuki daerah jangkauan yang kedua membutuhkan sistem hand off switch untuk memanggil frekuensi daerah baru yang sedang dimasukinya dalam daerah sel yang lain tanpa harus memutuskan panggilan atau pembicaraan yang sedang dilakukan atau digunakan. Jika pelanggan yang dituju sedang melakukan pembicaraan maka panggilan yang ditunjukan tersebut akan mencoba secara terus menerus untuk menghubunginya.

Hal ini merupakan bentuk khusus yang menunjukkan bahwa sistem telepon mobil dengan sistem pancaran selular

beroperasi seefektif mungkin dan dapat digunakan secara nyata. Untuk lebih jelasnya hand off ini digambarkan secara mudah dengan menggunakan satu dimensi ilustrasi seperti diperlihatkan pada gambar 5a dibawah ini.

Dalam hal ini hand off dapat digunakan untuk satu dimensi saja yang ditunjukkan oleh kedua dimensi.

Dalam hal ini dua Cochannel sel menggunakan frekuensi F dengan jarak D dan radius R. Maka untuk selanjutnya akan diisi dengan frekuensi F1, F2, dan F3 dan kanal-kanal lainnya yang dibuat berdasarkan hubungannya dengan sel C1, C2, dan C3 seperti yang diperlihatkan pada gambar 5b.

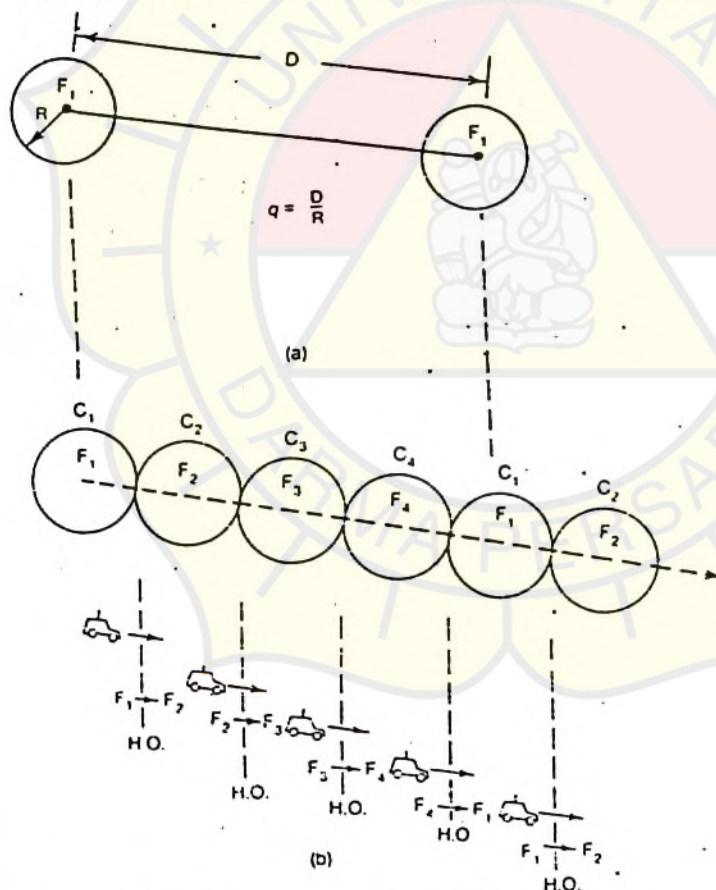


Figure 2.6 Handoff mechanism. (a) Cochannel interference reduction ratio  $q$ . (b) Fill-in frequencies.

Gambar.5a (hand off) dan 5b (mekanisme hand off)

Pada saat suatu unit mobil yang dalam keadaan "on" pada sel C1 dan bergerak menuju ke sel C2 maka panggilan akan muncul pada frekuensi dan kanal yang sedang bergerak menuju dari F1 ke F2 sambil unit mobil itu bergerak dari sel C1 dan menuju ke sel C2 dimana proses hubungan antara frekuensi F1 dan menuju ke frekuensi F2 bekerja secara otomatis. Proses hand off inilah merupakan proses yang digunakan untuk suatu keberhasilan pada sistem telepon mobil dengan sistem pancaran selular

### 2.3.1 PERSIAPAN HAND OFF

Pada saat sinyal dikirim maka kekuatan sinyal yang akan diterima oleh kekuatan sel bagian, pada sinyal yang dimonitor pada sinyal penerima dimana pada saat sinyal itu berada pada tingkat hand off (lebih tinggi dari tingkat ambang untuk kebutuhan minimum). Kemudian bagian sel penerima akan mengirimkan suatu sinyal keberhasilan pada telepon mobil yang dituju pada tingkat switching untuk hand off pembicaraan. "Hand off" yang baik tidak selalu semuanya pasti memerlukan "hand off".

Dalam hal ini Ada 2 "hand off" yang diperlukan tetapi tidak perlu dibuat.

1. Ketika unit mobil berada pada suatu daerah tanpa kekuatan sel pada batas tertentu.
2. Ketika unit mobil mendekat pada suatu daerah pada batasan sel, tetapi tidak ada kanal yang memungkinkan dalam sel yang dimasukinya itu.

Pada bagian pertama, pembicaraan ditentukan oleh kanal

frekuensi yang lama karena sinyal tidak dapat diterima pada kanal frekuensi pada daerah baru yang dimasukinya maka tidak ada pembicaraan. Sedangkan pada kejadian kedua sel baru dibuat pada kanal frekuensi yang dapat memutuskan pembicaraan

Dalam hal ini Mobile Telephone Switch Office (MTSO) digunakan untuk mengontrol frekuensi yang telah ditetapkan didalam sel-sel lain dan MTSO ini diatur pada kanal-kanal yang telah ditentukan untuk dipakai apabila diperlukan.

#### 2.4.2. DELAY HAND OFF

##### 2.4.2.1. Two Hand Off tingkat algorithm

Didalam tingkat "algorithm" ada dua "hand off" yang dipergunakan guna menambah tingkat kebutuhan hand off serta untuk keberhasilan hand off itu sendiri. Dimana jika sinyal putus pada hand off yang pertama maka kebutuhan hand off yang kedua sangat menentukan keadaan dimana diketahui bahwa keadaan suatu unit mobil dalam keadaan lemah untuk pembicaraan, atau sedang sibuk maka kebutuhan hand off yang kedua itu sangat dibutuhkan pada setiap 5 menit sekali secara terus menerus. Dalam hal ini MTSO selalu menangani pembicaraan hand off yang pertama dan pembicaraan hand off yang kedua. Dimana pada saat tidak ada sel lain yang memungkinkan setelah hand off yang kedua maka pembicaraan akan diteruskan sampai sinyal itu turun dibawah batas tertentu akan pembicaraan itu akan putus. Dan jika (Supervisory Audio Tone - SAT) tidak dikirim kembali selama waktu 5 detik, maka sel itu akan dibelokkan. Bagaimana pun juga jika hand off diraih maka pembicaraan akan

menjadi hand off.

#### 2.4.2.2. Keuntungan hand off delay.

Apabila suatu unit mobil bergerak secara random maka penerima kekuatan sinyal unit mobil bisa mengalami kenaikan atau penurunan sinyal.

Apabila suatu unit mobil menerima sinyal lemah dan dalam waktu kurang dari 5 detik (jarak 140 m untuk waktu 5 detik, dengan kecepatan 100m/detik) maka delay akan memerlukan hand off. Dan jika sel-sel lainnya juga sibuk maka hand off delay akan didapatkan melalui prosesor yang ditempatkan pada MTSO dan sekaligus akan memberikan penomoran pada hand off yang rendah dan juga akan membantu hand off prosesor pada proses pembicaraan. Dan keuntungan lain yang bisa diperoleh pada hand off ini adalah hand off dapat juga menentukan daerah lokasi dan terjadinya interferensi.

hand off delay akan didapatkan melalui prosesor switch yang ditempatkan dan sekaligus akan memberikan penomoran pada hand off yang rendah dan juga akan membantu hand off prosesor pada proses pembicaraan. Keuntungan lain yang bisa diperoleh pada hand off ini pada algorithm adalah hand off dapat juga menentukan daerah lokasi dan terjadinya interferensi.

#### 2.4.3. Bagian sel hand off.

Sel hand off adalah sel yang hanya digunakan didalam sistem telepon mobil dengan sistem pancaran selular. Suatu unit mobil dibuat dengan frekuensi dan kanal pembicaraan kebagian sel rumah melalui perjalanannya. Pada waktu mobil bergerak meninggalkan rumah pada daerah frekuensi dan kanal

pembicaraannya dan masuk ke sel baru yang frekuensi dan kanal pembicaraannya baru pula maka frekuensinya akan mengalami perubahan sesuai dengan frekuensi dan kanal yang dimasukinya. Dalam hal ini bagian sel memerlukan informasi frekuensi suatu unit mobil dan mengenai biayanya akan mengalami lebih rendah. Hal ini menjelaskan bahwa hanya pada daerah-daerah yang mengalami lalu lintas yang rendah.

#### 2.4.4. Antar Sistem Hand Off

Dalam antar sistem hand off umumnya suatu panggilan berada pada satu sistem selular dan masuk pada sistem selular yang lainnya. Pada saat sistem hand off ini digunakan dalam arti kanal hand off panggilan dapat ditransfer dari satu sistem selular ke sistem selular lainnya tanpa harus memutus pembicaraan sehingga, dapat dilanjutkan dari sistem selular satu kepada sistem selular yang kedua.

MTSO penggunaannya dapat disesuaikan dengan situasi dan kondisi yang ada. Apabila suatu unit mobil yang sedang berjalan di jalan raya dan pada saat itu juga pengemudi sedang menggunakan teleponnya yang berada pada sistem A dan pada saat itu juga unit mobil meninggalkan daerah yang berada pada sel A dan memasuki bagian yang berada pada sel B. Dalam hal ini sel A dan sel B dikendalikan oleh masing-masing MTSO yang berbeda. Dimana pada saat suatu sinyal sudah mulai melemah pada bagian yang berada pada sel A maka MTSO A akan mencari pengganti sinyal yang melemah ini pada sistem lainnya dan tidak didapatkan, Kemudian MTSO B dengan jalur antara MTSO A dan MTSO B akan melengkapi hand off yang

diperlukan selama pembicaraan.

## 2.5. Cell Splitting.

Didalam sistem telepon mobil dengan sistem pancaran selular yang sedang bergerak, efisiensi spektrum merupakan implementasi dasar. Dimana frekuensi reuse "scheme" adalah suatu dasar dan cell splitting merupakan dasar lainnya. Pada saat suatu sel mulai dibangun dan frekuensi kanal F1 dan sel C1 lainnya maka frekuensi dan kanal yang digunakan tidak dapat dipakai secara cukup pada telepon mobil yang digunakan, dalam hal ini sel merupakan sel yang berasal dari splitt yang menuju ke sel lainnya. Dalam hal ini ada dua cara yang dapat digunakan oleh splitting yaitu splitting tetap dan splitting dinamis. Gambar 6a adalah sumber bagian sel yang tidak digunakan dan gambar 6b adalah sumber bagian sel yang digunakan.

$$\text{Sel radius baru} = \frac{\text{sel radius lama}}{2}$$

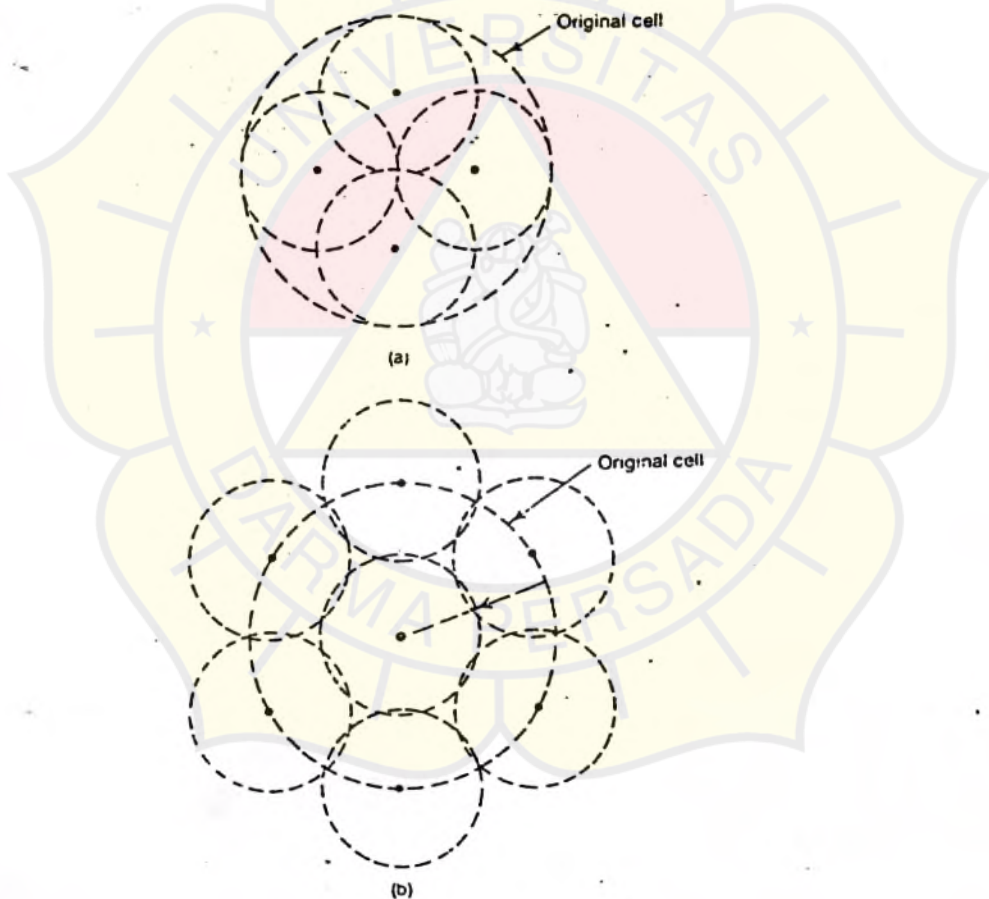
$$\text{Sel area baru} = \frac{\text{sel area lama}}{2}$$

Ada dua jenis teknik "cell splitting"

1. Splitting tetap. Bentuk ini pada setiap sel split baru mempunyai perencanaan waktu tersendiri, penomoran kanal, daya transmisi, frekuensi, pemilihan sel bagian dan pemikiran pada penempatan lintasan. Dalam bentuk ini pelayanan akan dilakukan pada titik lintasan terendah biasanya tengah malam akhir minggu. Diharapkan beberapa panggilan akan menjadi muncul karena adanya

penggantian sel, yang diperkirakan batas waktunya pada sistem ini adalah tidak sampai dua jam.

2. Dinamis splitting. "scheme" ini didasarkan pada penggunaan algorithm untuk bagian-bagian sel splitting yang dinamis hal ini merupakan pekerjaan yang utama yang dilakukan pada dinamis splitting pada saat tidak dapat menggunakan suatu sel tunggal untuk digunakan selama sel splitting jam-jam lintasan sibuk.



Gambar.6a (bagian sel yang tidak digunakan) 6b (bagian sel yang digunakan).