

TEKNIK PERANCANGAN JARINGAN AKSES SELULER



Konsep Dasar Sistem
Seluler



by : Dwi Andi Nurmantris



DEFINISI

Sistem komunikasi yang digunakan untuk memberikan layanan jasa telekomunikasi bagi pelanggan bergerak.

Disebut sistem cellular karena daerah layanannya dibagi-bagi menjadi daerah yang kecil-kecil yang disebut **CELL**.

SIFAT : Pelanggan mampu bergerak secara bebas di dalam area layanan sambil berkomunikasi tanpa terjadi pemutusan hubungan.

CELL

DEFINISI :

Area Cakupan (coverage area) dari Radio Base Station

Macam-macam :

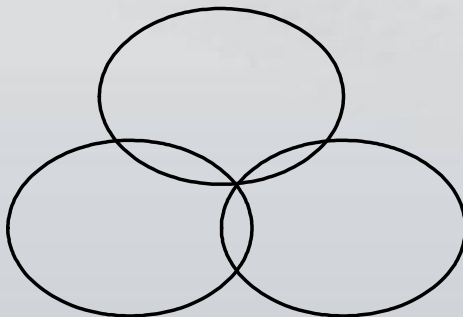
Omni Cell , Sector Cell

Ukuran :

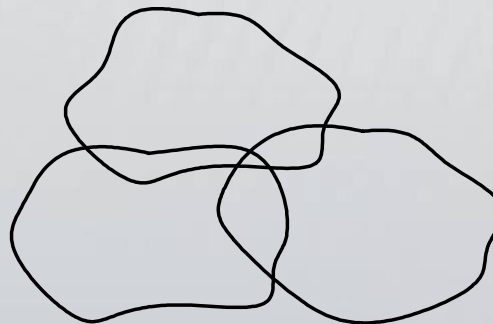
Makrocell (< 5km), Microcell (1-<2km), Picocell (<500m)

- Sel menunjukkan cakupan sinyal
- Sel berbentuk heksagonal (atau bentuk yang lain) hanya digunakan untuk mempermudah penggambaran pada layout perencanaan

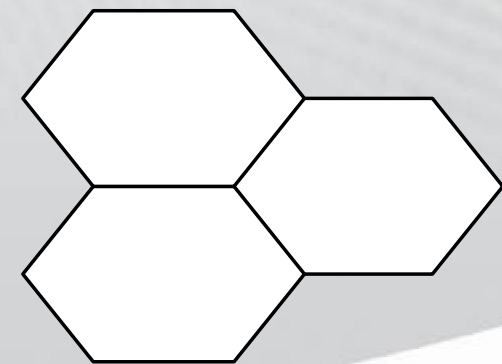
Konsep Sel



SEL IDEAL

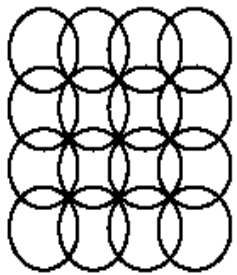


SEL REAL

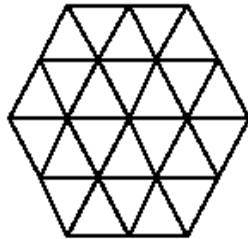


SEL MODEL

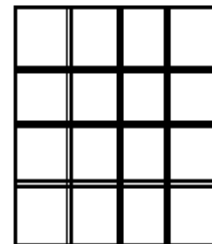
REPRESENTASI COVERAGE SISTEM SELULER



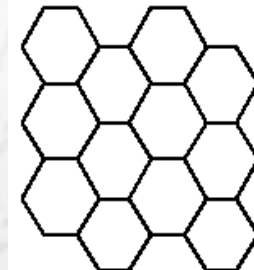
circles



equilateral triangles



squares

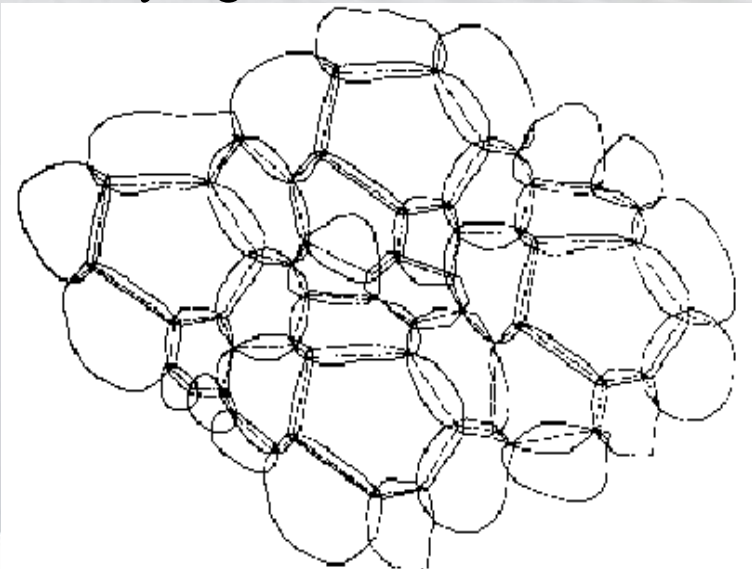


hexagons

Bentuk geometris yang meliputi keseluruhan daerah service tanpa overlap dengan luas daerah yang sama

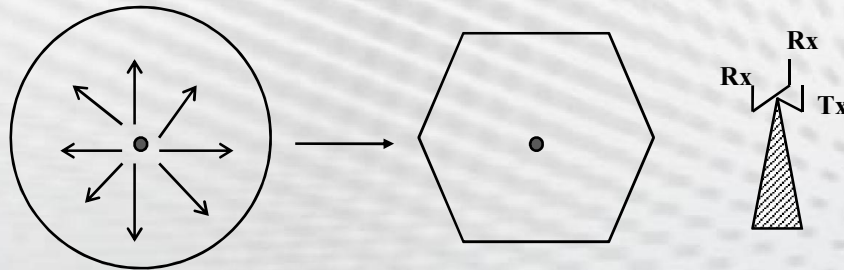
Realitas ?

Jauh berbeda ! Grid sel teoritik digunakan untuk mempermudah penggambaran / perencanaan

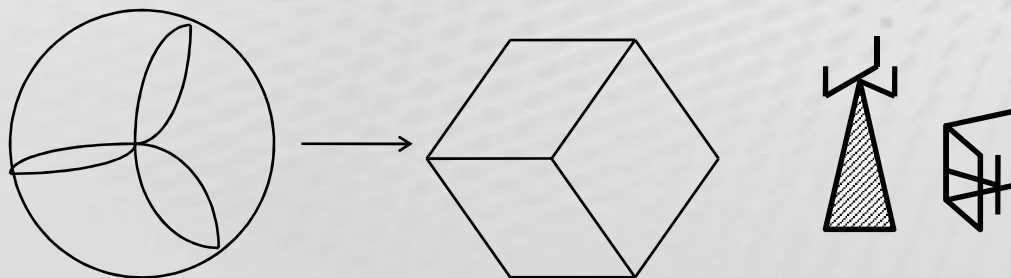


MACAM-MACAM KONFIGURASI CELL

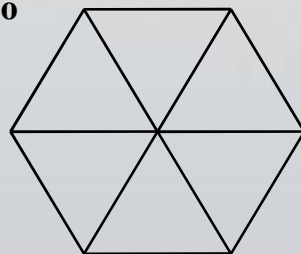
1) Omnidirectional



2) Sectoring 120°

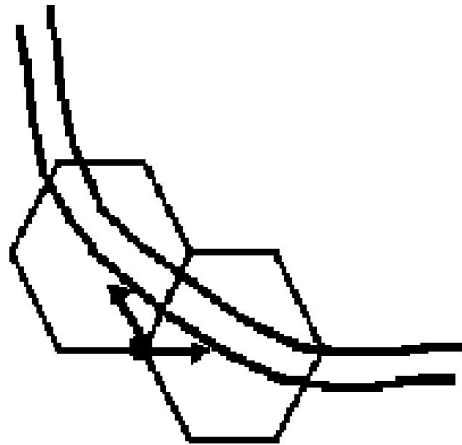


3) Sectoring 60°

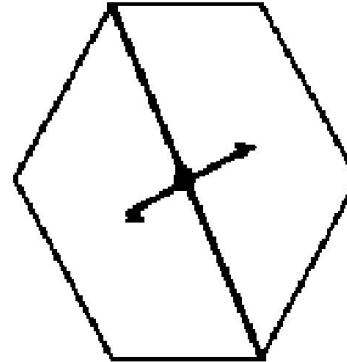


- Kegunaan dari pola Sectoring
 - a. Menambah kapasitas
 - b. Mengurangi interferensi

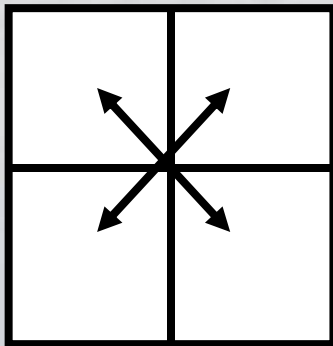
MACAM-MACAM KONFIGURASI CELL...



2-sector

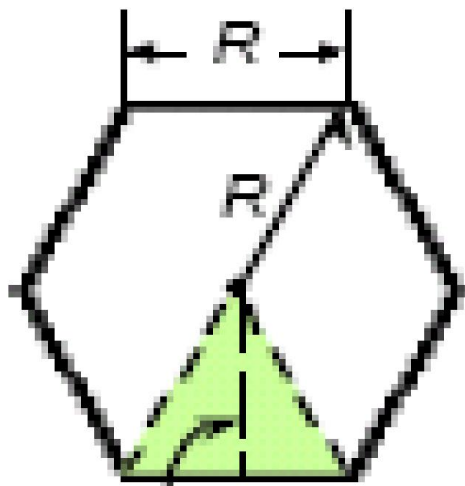
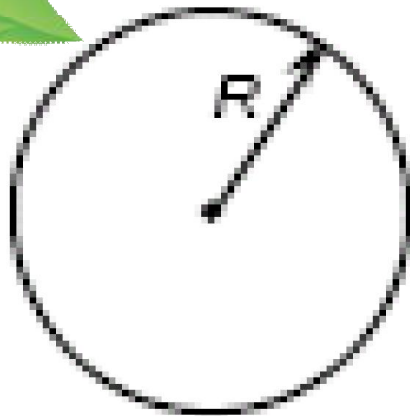


2-sector sectorized cell



4 sector (quad sector)

GEOMETRI CELL



$$\frac{1}{2} R \sqrt{3} \approx 0.87 R$$

$$Area_{cell} = \pi R^2 \approx 314 R^2$$

$$Perimeter_{cell} = 2\pi R \approx 628 R$$

$$Area_{cell} = 6 \times \frac{1}{2} R \sqrt{3} \times \frac{1}{2} R = \frac{3}{2} R^2 \sqrt{3} \approx 2.6 R^2$$

$$Perimeter_{cell} = 6 \times R$$

DATA RATE

Wide range of rates

Indoor and
low mobility



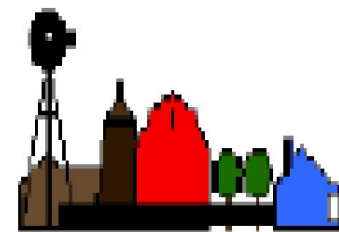
2 Mbit/s

Urban outdoor



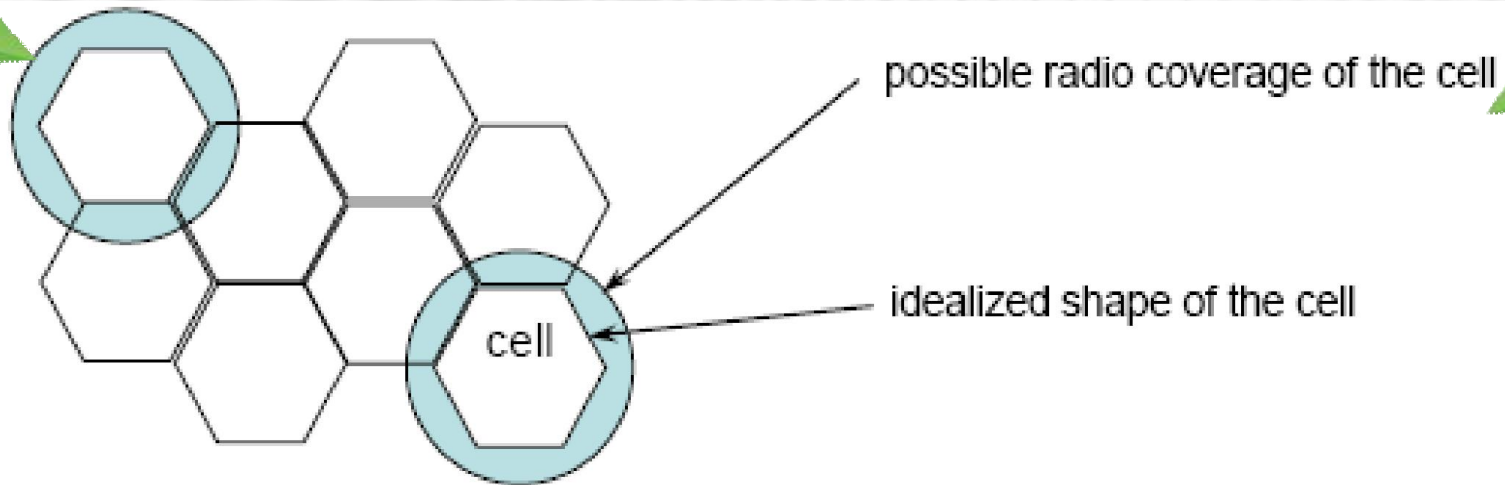
384 kbit/s

Satellite and
rural outdoor



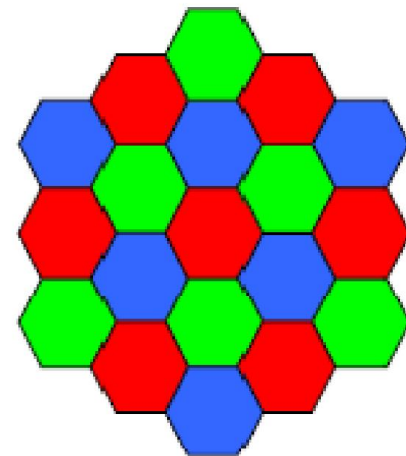
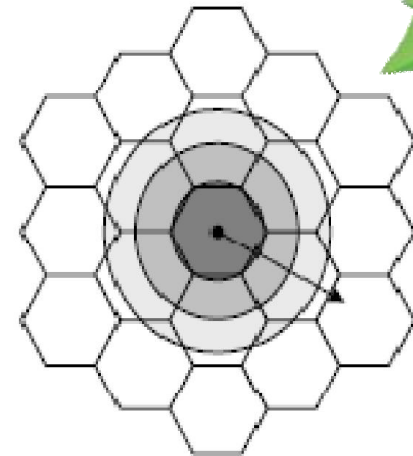
144 kbit/s

SEGMENTATION OF THE AREA INTO CELLS



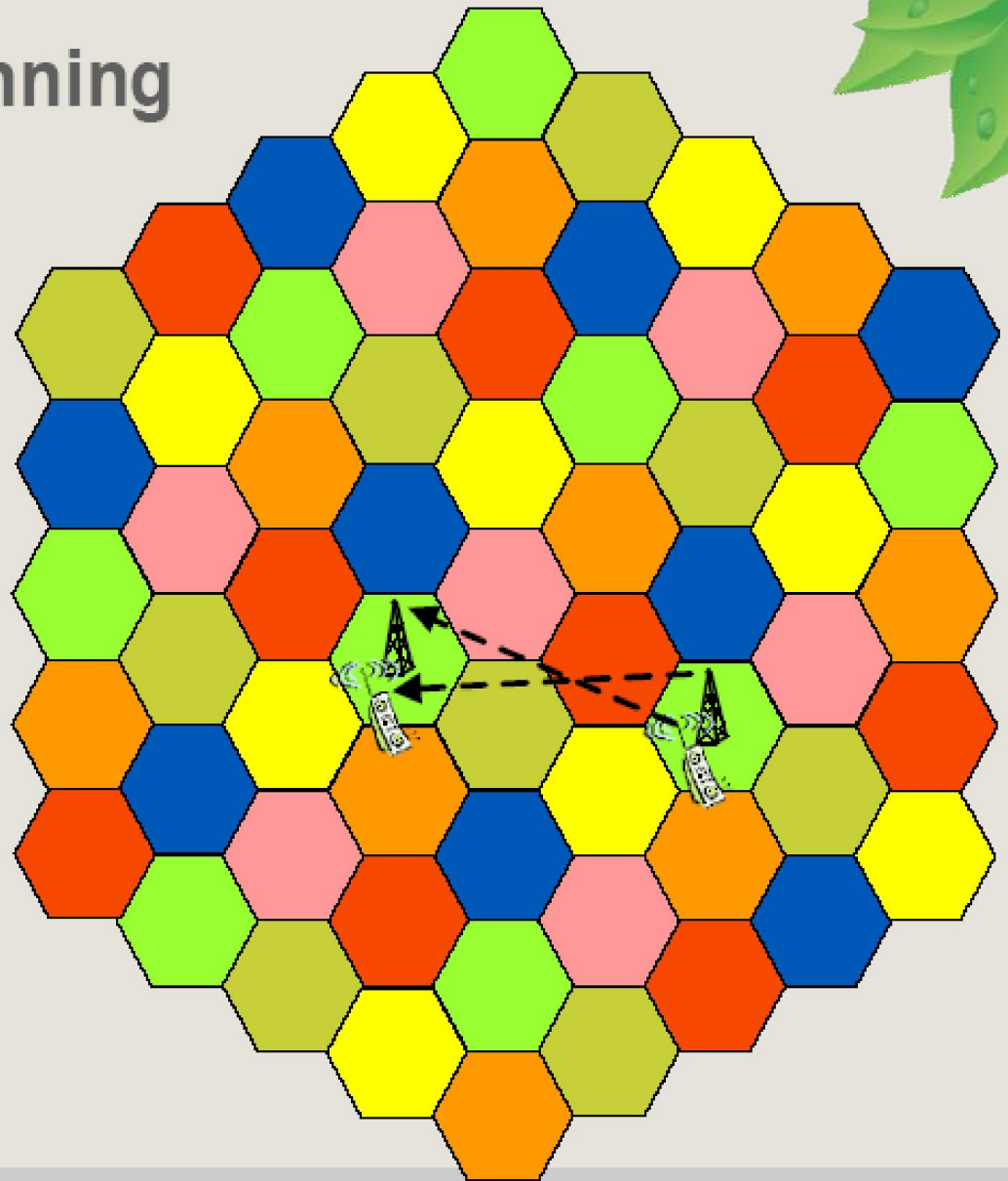
- use of several carrier frequencies
- not the same frequency in adjoining cells
- cell sizes vary from some 100 m up to 35 km depending on user density, geography, transceiver power etc.
- hexagonal shape of cells is idealized (cells overlap)
- if a mobile user changes cells:
handover of the connection to the neighbor cell

- Simplified hexagonal model
- Signal propagation ranges:
Frequency reuse only with a certain distance between the base stations
- Can you reuse frequencies in distance 2 or 3 (or more)?
- Graph coloring problem
- Example: fixed frequency assignment for reuse with distance 2
- Interference from neighbor cells (other color) can be controlled with transmit and receive filters



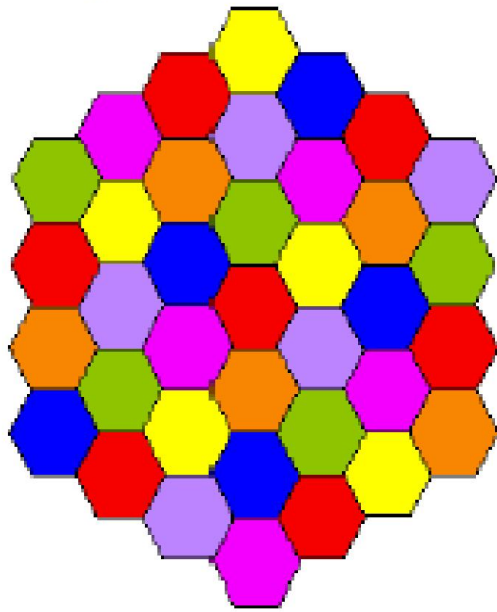
GSM: Frequency Planning

- Reuse factor
- Tighter reuse:
 - + higher capacity
 - interference between cells

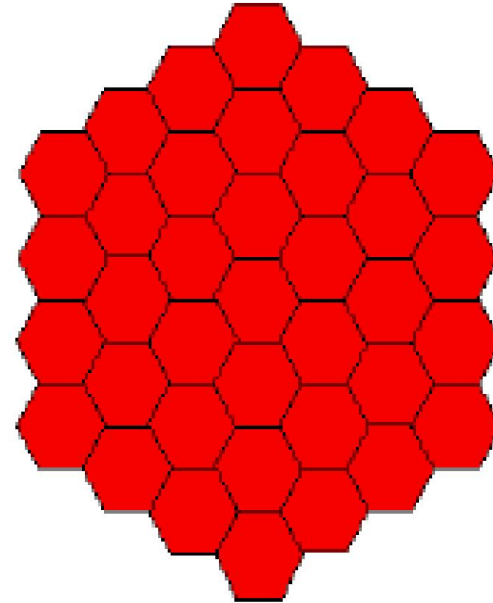


FREQUENCY PLANNING

GSM



UMTS

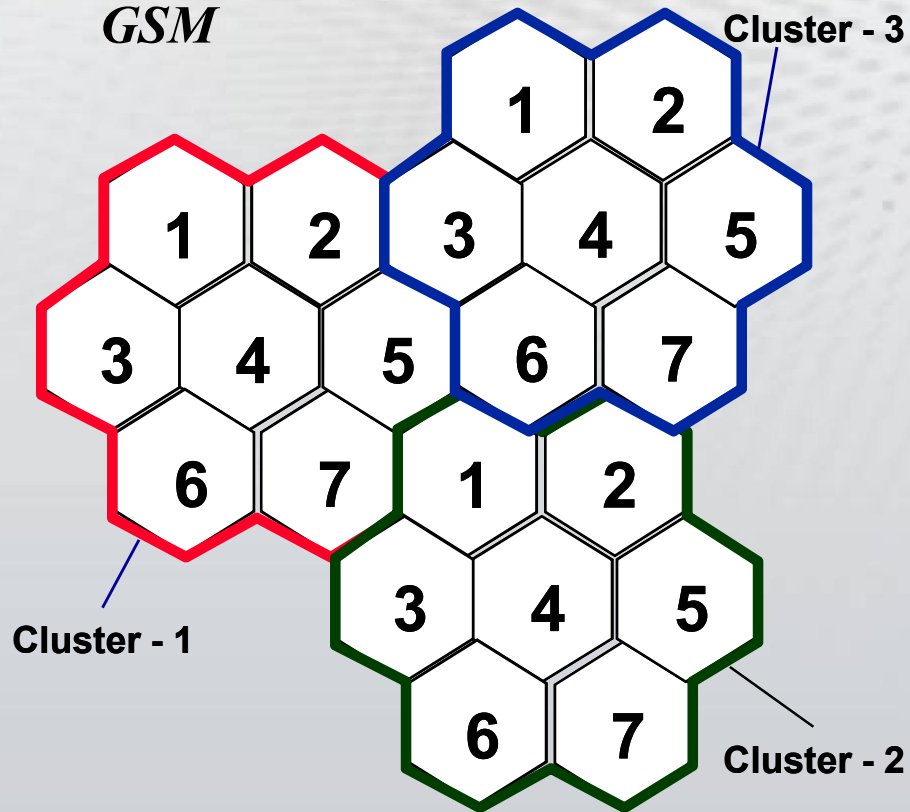


No planning of frequency on the overlay

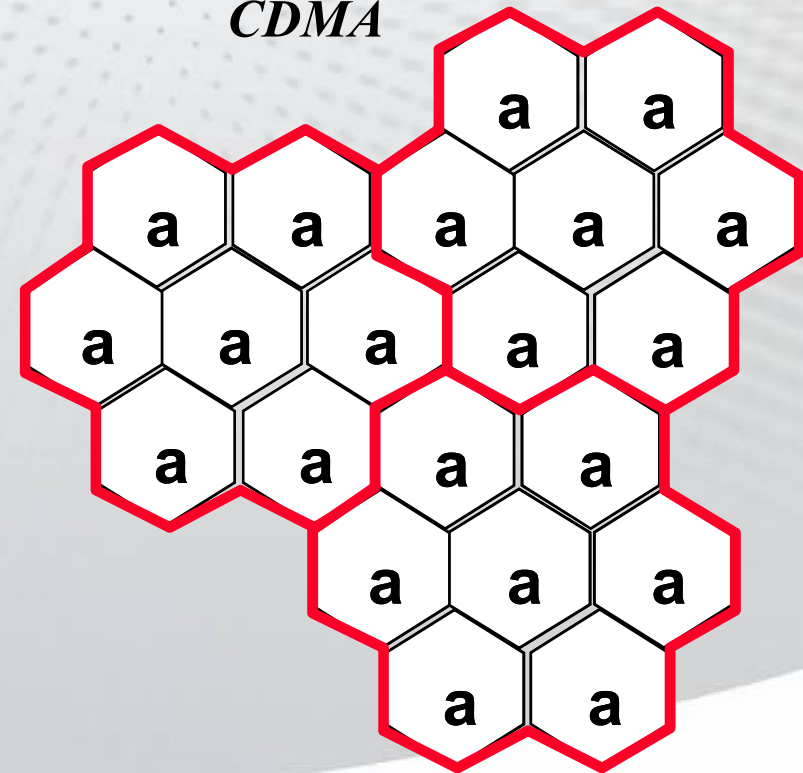
FREQUENCY PLANNING

Disain frekuensi sederhana

GSM



CDMA



SISKOMBER SELULER

Yang mendasari perkembangan

- ✓ Keterbatasan spektrum frekuensi
- ✓ Efisiensi penggunaan spektrum frekuensi

Parameter Dasar

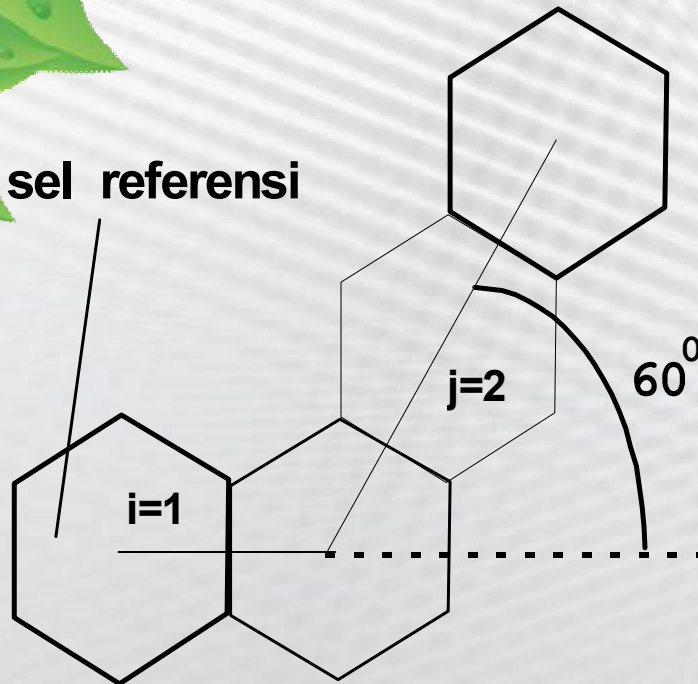
- ✓ Frequency Reuse
- ✓ Konsep Hand Off

PARAMETER DASAR SISTEM SELULER

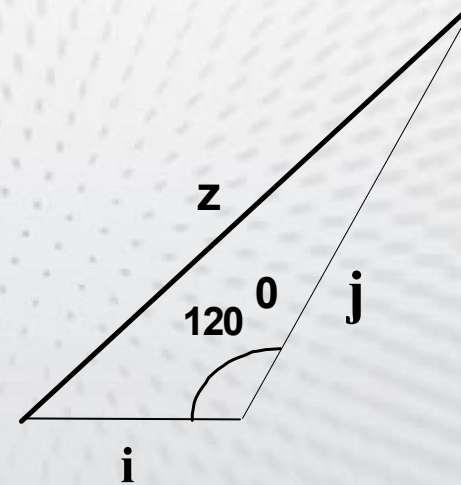
1. **Frequency Re-use**
2. **Konsep Handoff / Handover**

- **Konsep *Frequency Re-use*** memungkinkan penggunaan frekuensi yang sama pada sel yang berbeda, diluar jangkauan interferensinya. Parameter yang menjadi ukuran adalah perbandingan daya sinyal / carrier terhadap total daya interferensinya
- **Sedangkan Handoff** memungkinkan seorang pengguna pindah dari suatu sel ke sel yang lain tanpa adanya pemutusan hubungan. Terjadi pemindahan frekuensi / kanal secara otomatis yang dilakukan oleh sistem

KAEDAH PENENTUAN NOMOR SEL → Kaedah Parameter Geser



$$i, j = 0, 1, 2, 3, \dots$$



Lalui sejauh i sel dari sel referensi sepanjang rantai heksagonalnya (garis lurus yang menghubungkan dua pusat sel), lalu berputar 60° berlawanan dengan arah jarum jam, kemudian lalui sepanjang j sel pada arah tersebut. Pada posisi akhir → disitulah letak freq re-use nya.

$$Z^2 = i^2 + j^2 - 2ij \cdot \cos 120^\circ$$

$$Z^2 = i^2 + j^2 + 2 \cdot i \cdot j \cdot (0,5)$$

$$Z^2 = i^2 + j^2 + i \cdot j$$

$$Z^2 \cong K \text{ ---- } K = \text{ukuran cluster}$$

$$K = i^2 + j^2 + i \cdot j$$

$$i = 1 \text{ dan } j = 1 \rightarrow K = 3$$

$$i = 1 \text{ dan } j = 2 \rightarrow K = 7$$

$$i = 0 \text{ dan } j = 2 \rightarrow K = 4$$

$$i = 2 \text{ dan } j = 0 \rightarrow K = 4$$

SIGNAL-TO-INTERFERENCE RATIO

- Consider closest co-channel cells:

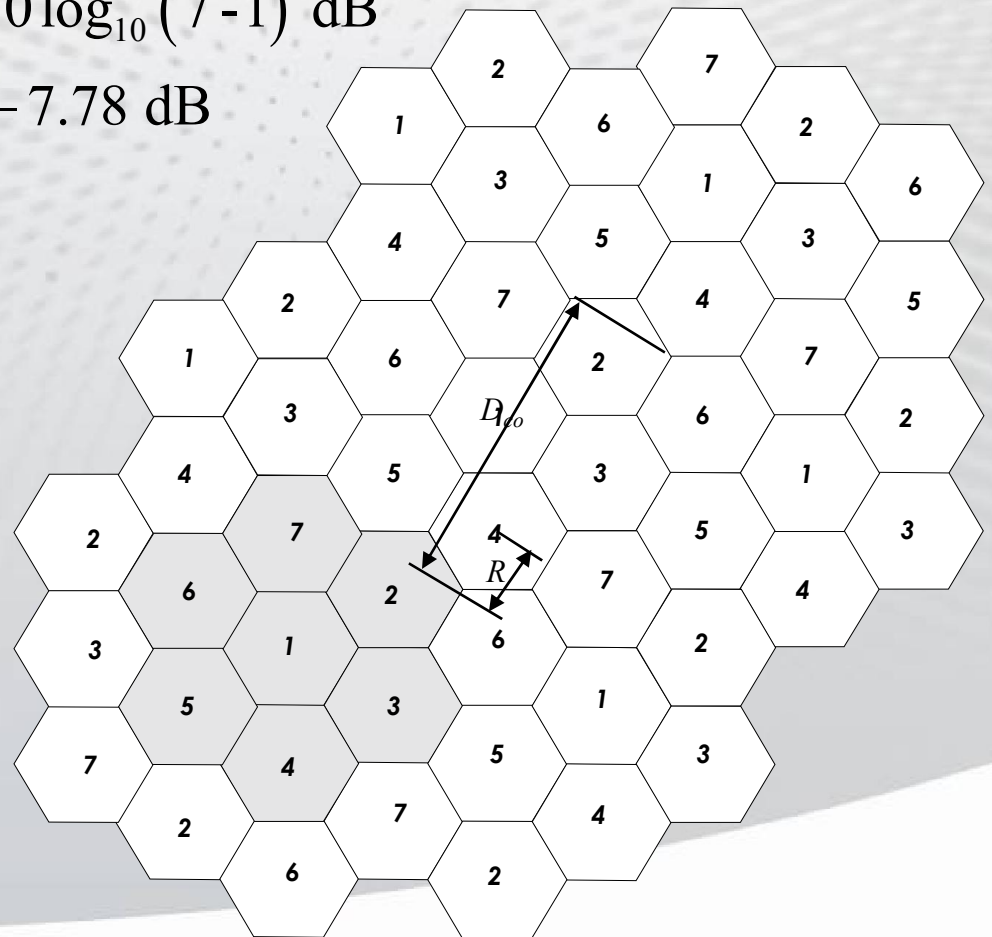
$$\begin{aligned} \text{SIR}_{\min} &= -K_1 \log_{10} (D_{co} / R - 1) - 10 \log_{10} (7 - 1) \text{ dB} \\ &= -K_1 \log_{10} (D_{co} / R - 1) - 7.78 \text{ dB} \end{aligned}$$

- Ukuran Kluster:

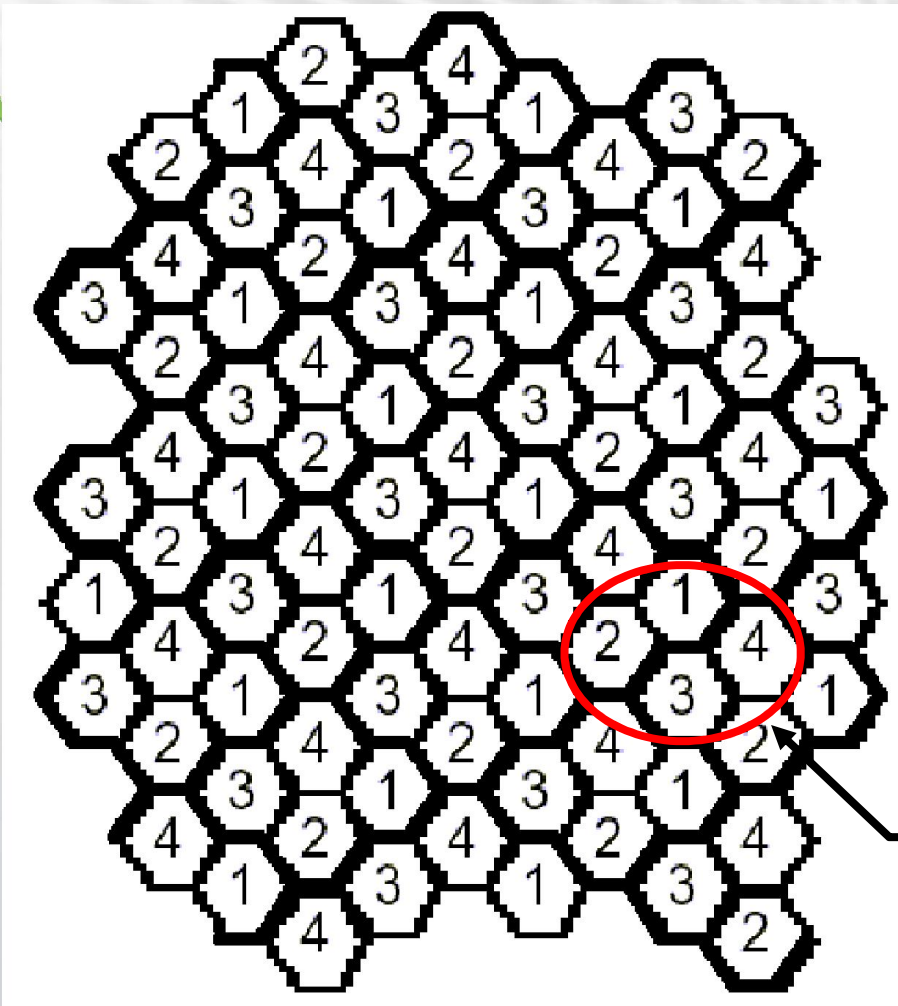
$$K = i^2 + ij + j^2$$

- Co-channel Reuse Distance Ratio:

$$D_{co} / R = \sqrt{3K}$$



CONTOH : K=4



Kaidah Penentuan Nomor Sel → Kaidah Parameter Geser

$$i = 0, j = 2$$

$$K = i^2 + ij + j^2 = 4$$

$$Q = \sqrt{3K} = 3,46$$

● Kluster

RUMUS-RUMUS

$$\frac{C}{I} = \frac{1}{N} \left[\frac{D}{R} \right]^4$$

$$\frac{D}{R} = \sqrt{3K}$$

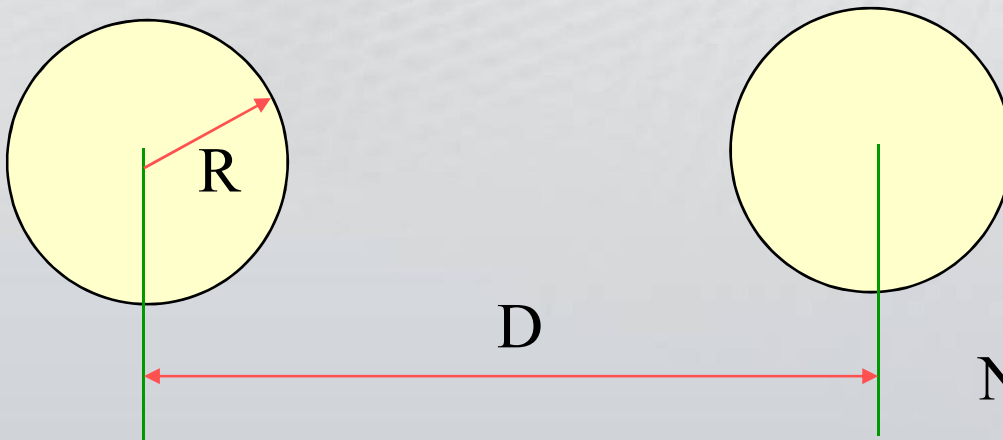
$$\frac{C}{I} = \frac{9K^2}{N}$$

AMPS, C/I = 18 dB

$$K = \sqrt{\frac{63N}{9}} = \sqrt{\frac{63.6}{9}} = 6,48 \approx 7$$

GSM, C/I = 12 dB

$$K = \sqrt{\frac{16N}{9}} = \sqrt{\frac{16.6}{9}} = 3,26 \approx 4$$

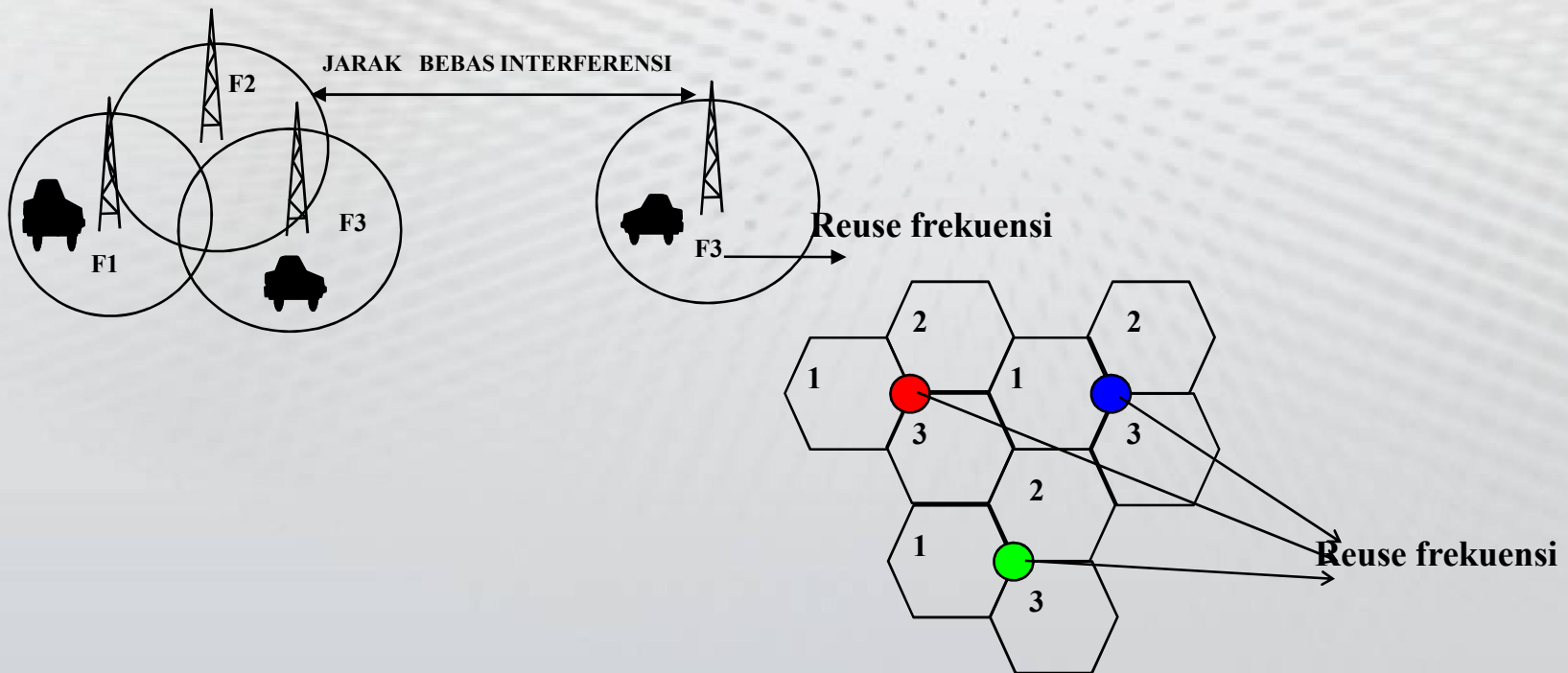


N = Jumlah sel penginterferensi

FREQUENSY RE-USE

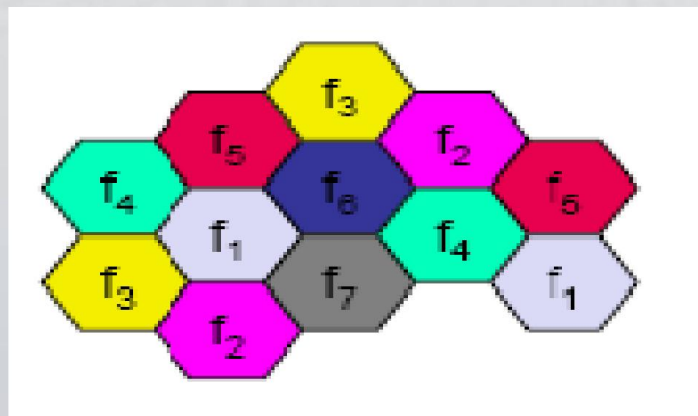
Definisi

Pengulangan frekuensi yang sama pada area yang berbeda di luar jangkauan interferensinya



LATAR BELAKANG FREQUENCY RE-USE

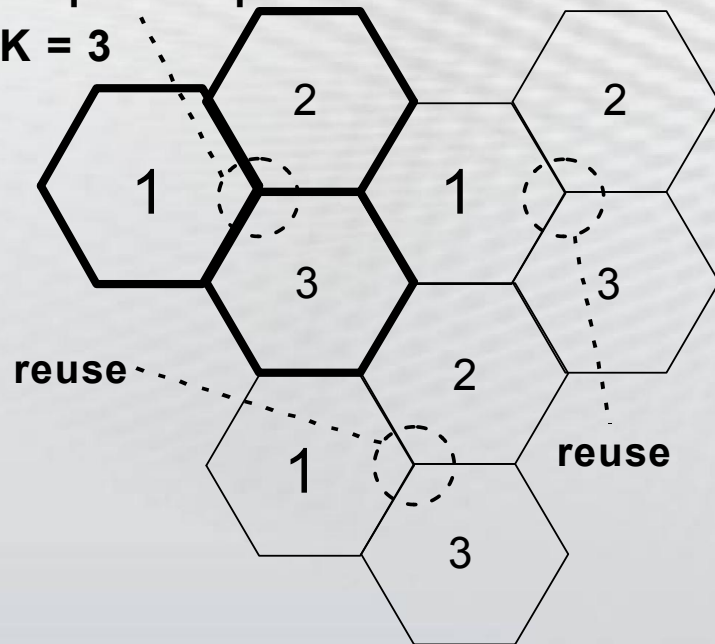
1. Keterbatasan alokasi frekuensi
2. Keterbatasan area cakupan cell (coverage area).
3. Meningkatkan jumlah kanal.
4. Membentuk cluster yang berisi beberapa cell.
5. Co-channel interference.



FREQUENCY RE-USE

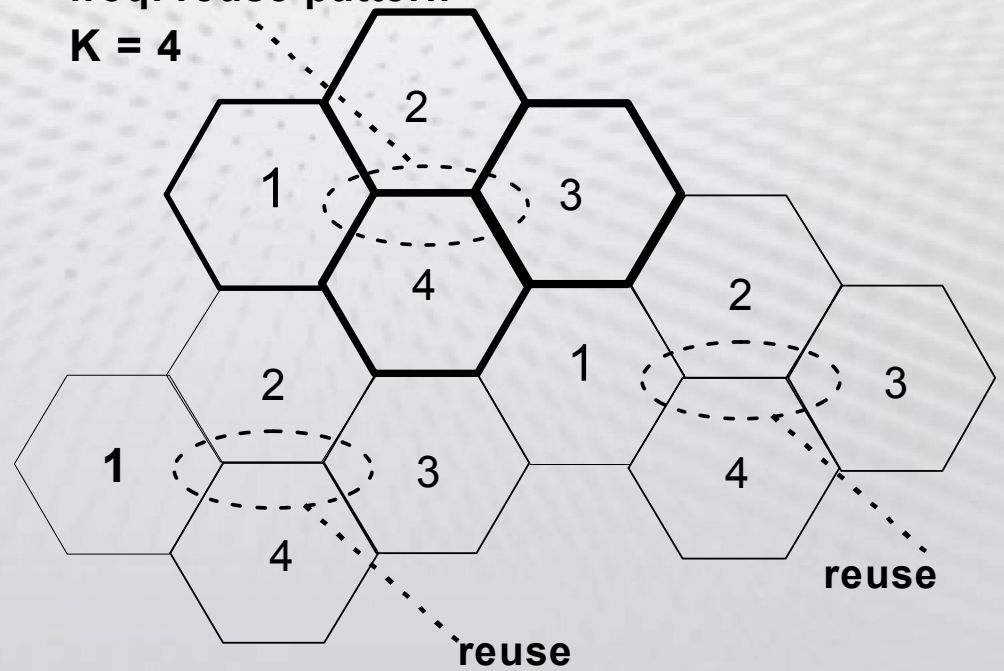
freq. reuse pattern / cluster

$K = 3$



freq. reuse pattern

$K = 4$



PARAMETER-PARAMETER DASAR SISTEM SELULER

C/I (Carrier to Interference Ratio)

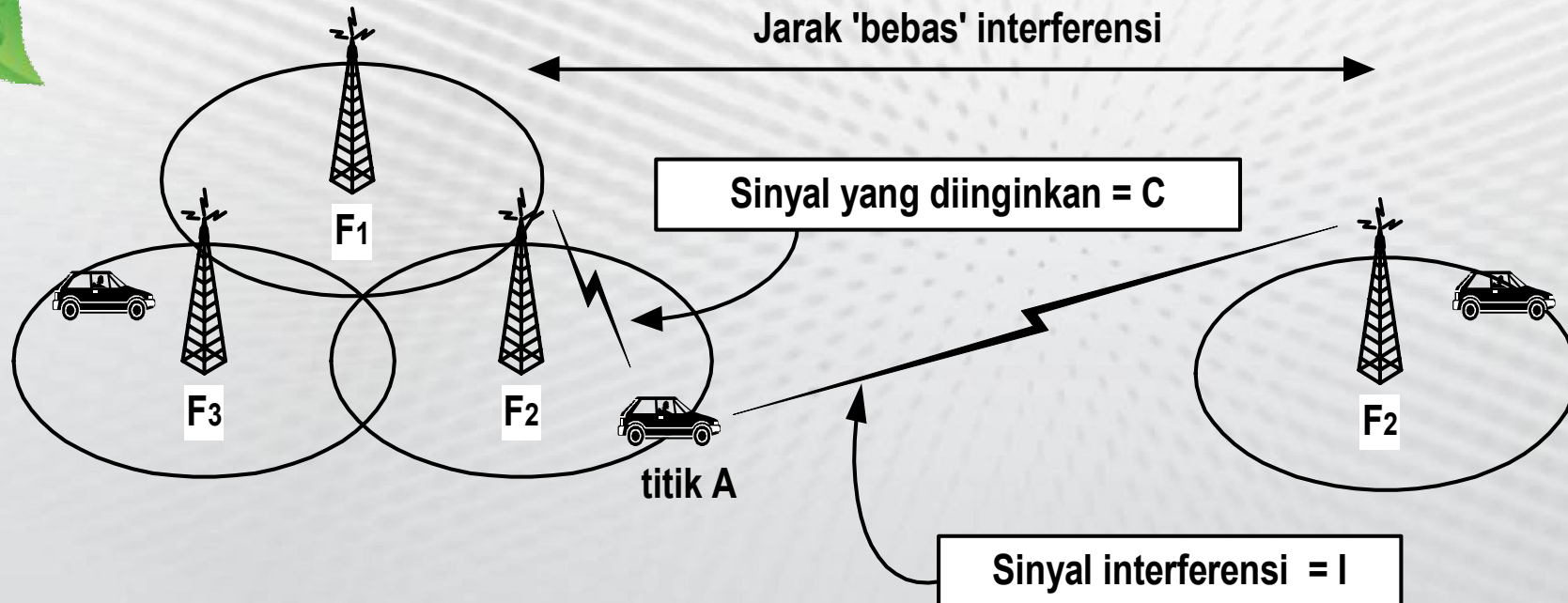
- ❖ Adalah ukuran kualitas komunikasi
- ❖ Besarnya tergantung dari teknik akses jamak yang dipakai (FDMA, TDMA, dan CDMA)
 - AMPS (FDMA) $C/I > 18 \text{ dB}$
 - GSM (TDMA) $C/I > 12 \text{ dB}$
 - CDMA parameter kualitas yang ditinjau adalah E_b/I_0 , karena C/I kecil sekali

Ukuran Kluster (K)

- ❖ Adalah kumpulan sel yang memiliki kelompok frekuensi operasi yang berbeda
- ❖ Kelompok frekuensi itu, nantinya diulang lagi pada kluster yang lain
- ❖ Ukuran kluster tergantung dari (C/I) syarat sistem

PARAMETER-PARAMETER DASAR SISTEM SELULER

→ **C/I (Carrier to Interference Ratio)**



- Dari gambar di atas, kondisi kasus terburuk ada pada titik A
- Pada kondisi kasus terburuk tersebut, perbandingan antara daya carrier terhadap daya interferensi ($C/I = \text{Carrier to Interference}$) harus tetap lebih besar atau sama dari C/I minimum yang dipersyaratkan oleh sistem seluler yang bersangkutan

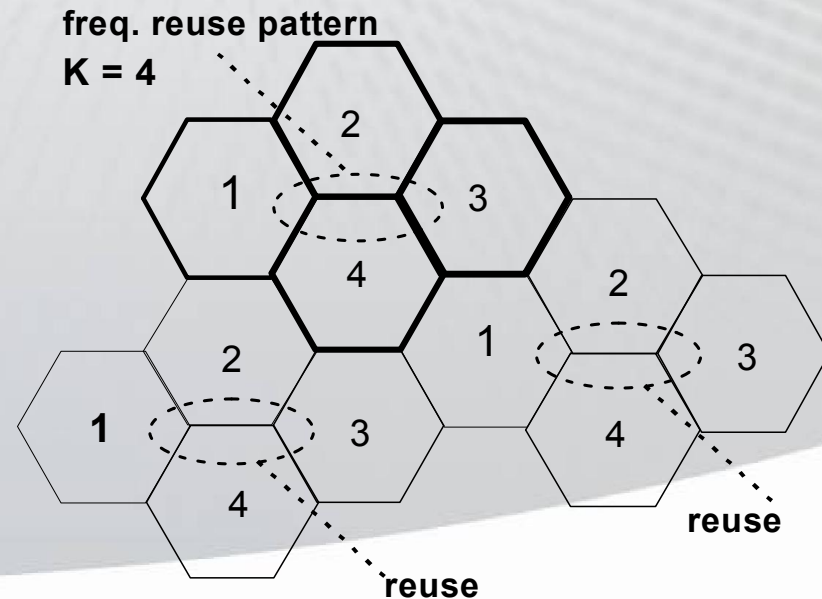
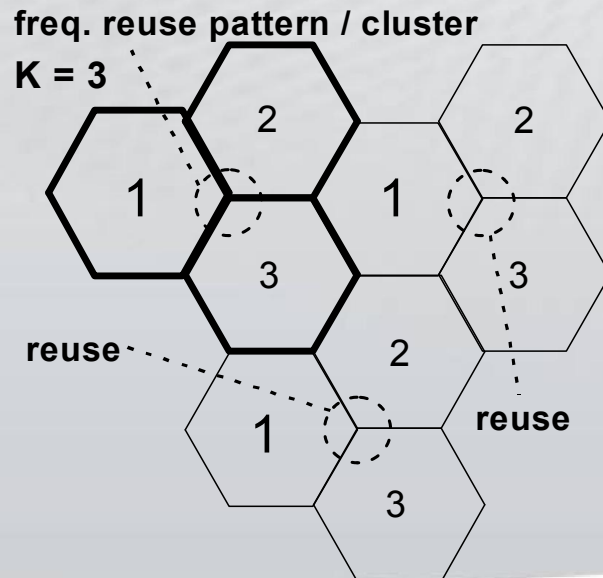
KONSEP KLUSTER

- **Kluster** adalah sekelompok sel yang masing-masing selnya memiliki 1 set frekuensi yang berbeda dengan sel yang lain .
- **Ukuran kluster** (dilambangkan = K , sering juga dilambangkan = N) adalah jumlah sel yang terdapat dalam 1 kluster

Contoh :

$K = 3$ artinya terdapat 3 sel dalam 1 kluster

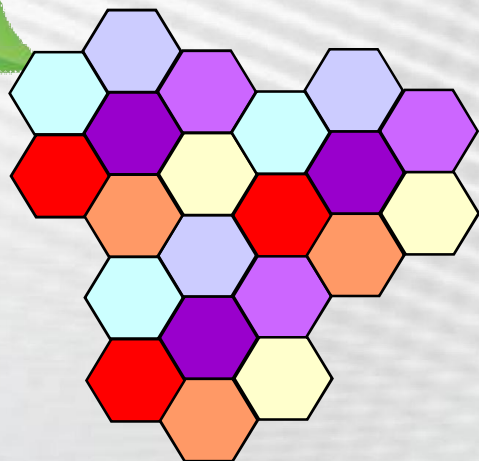
$K = 4$ artinya terdapat 4 sel dalam 1 kluster



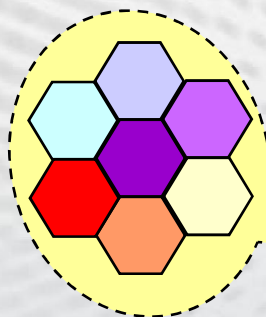
UKURAN KLUSTER

- ❖ Adalah kumpulan sel yang memiliki kelompok frekuensi operasi yang berbeda
- ❖ Kelompok frekuensi itu, nantinya diulang lagi pada kluster yang lain
- ❖ Ukuran kluster tergantung dari (C/I) syarat sistem

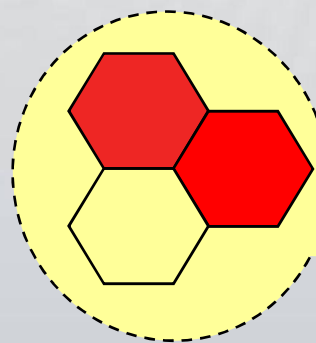
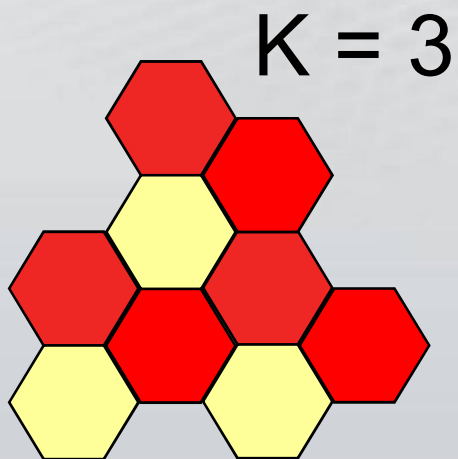
KLUSTER



$K = 7$



1 kluster

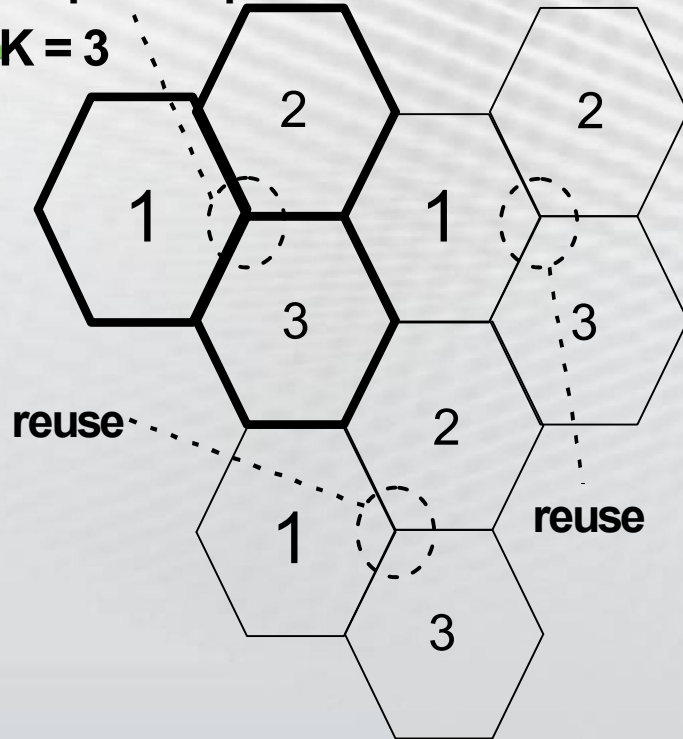


1 kluster

FREQUENCY RE-USE

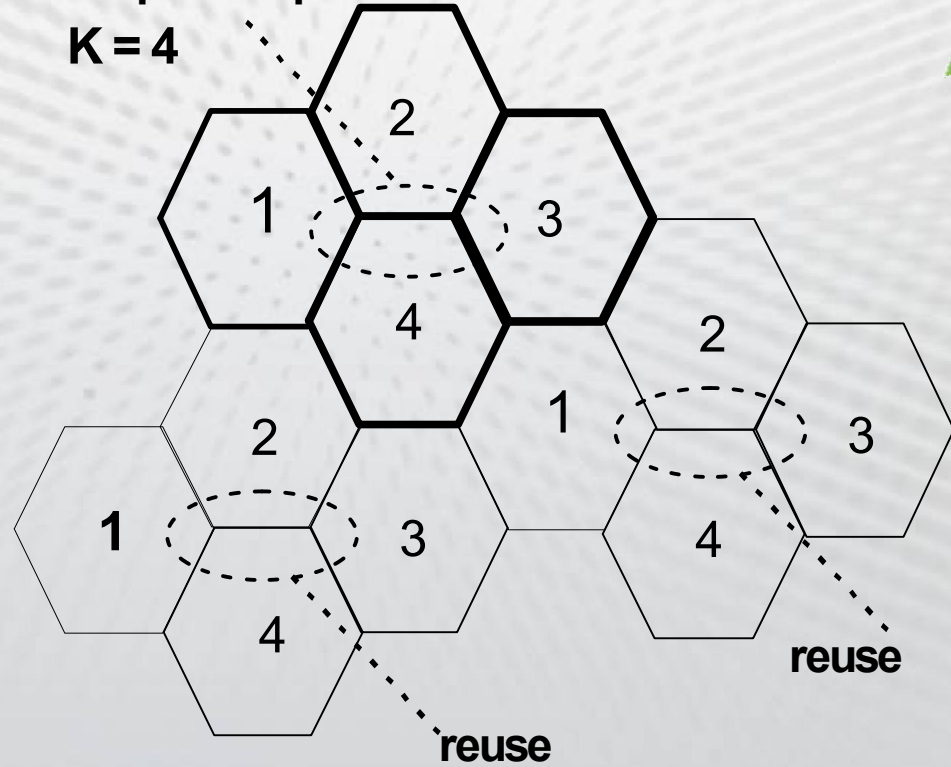
freq. reuse pattern / cluster

$K = 3$



freq. reuse pattern

$K = 4$



INTERFERENCE

- Adalah gangguan yang terjadi disebabkan adanya sinyal lain yang frekuensinya sama dan daya sinyal pengganggu tersebut cukup besar.
- Ukuran yang digunakan untuk menilai kualitas sinyal terhadap gangguan interferensi dinyatakan dengan C/I (dB).
- Interferensi merupakan faktor pembatas utama performansi sistem radio seluler
- Sumber interferensi :
 - MS dalam sel yg sama
 - Proses panggilan di sel disebelahnya
 - BS lain dgn frek yg sama
 - Sistem non seluler lainnya
- Akibat interferensi :
 - Kanal suara → xtalk (cross talk)
 - Control ch → missed dan block call
- Interferensi lebih banyak pada daerah perkotaan krn noise RF,BS dan MS lebih banyak.
- Jenis interferensi utama :
 - Co-channel interference
 - Adjacent channel interference



MACAM-MACAM INTERFERENSI

1. Co-Channel Interference.

Adalah : Interferensi antar cell yang menggunakan kanal/frekuensi sama.

2. Adjacent-Channel Interference.

Adalah : Interferensi antar kanal yang berdekatan.

3. Intersystem Interference.

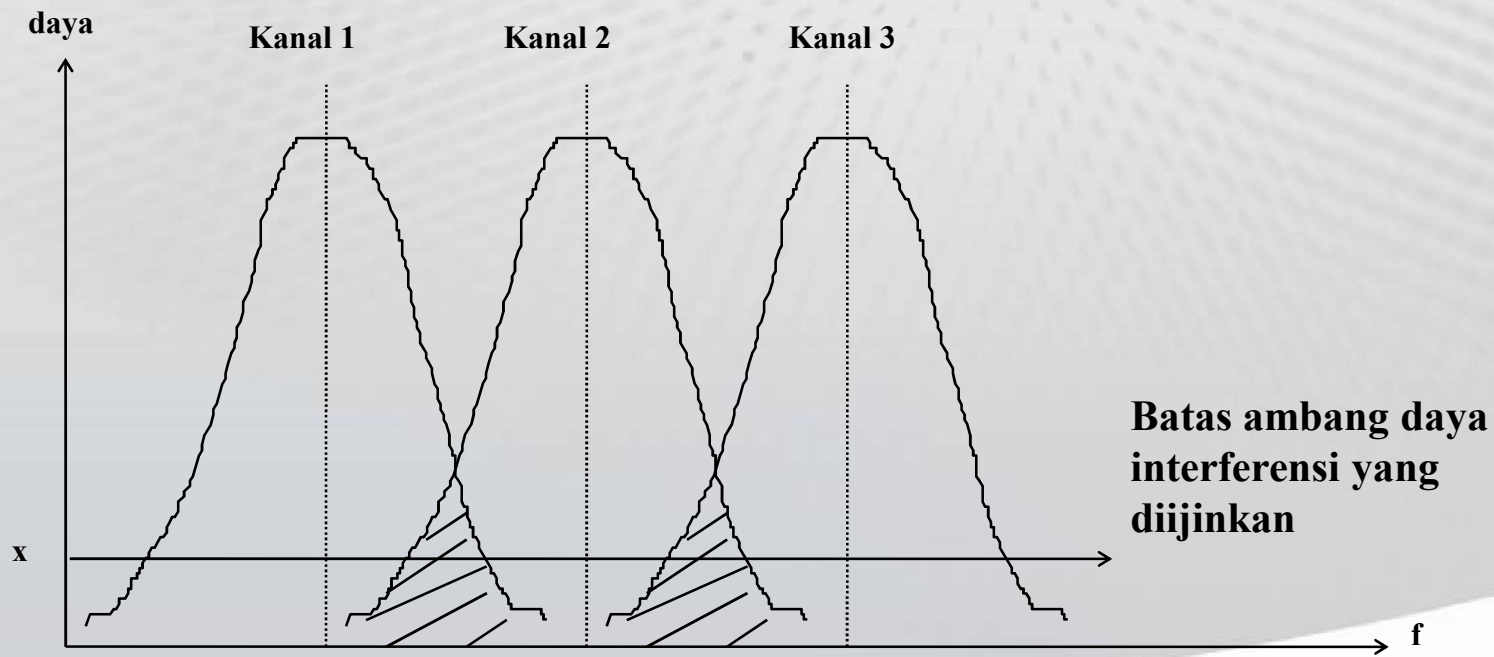
Adalah : Interferensi yang terjadi akibat sistem komunikasi radio lain yang menggunakan frekuensi sama dalam satu area yang sama.

CO-CHANNEL INTERFERENCE

- ❑ Freq Reuse berimplikasi bahwa pada wilayah cakupan tertentu beberapa sel menggunakan sekumpulan frekuensi yg sama
- ❑ Sel 2 tsb disebut co-channel cells dan interferensi antar sel tsb disebut Co-Channel Interference (CCI).
- ❑ Tidak seperti noise suhu dapat diatasi dgn meningkatkan SNR, CCI tidak dapat diatasi dgn menaikkan daya pembawa pemancar.
- ❑ Menaikkan daya pemancar → meningkatkan interferensi co-channel cell disebelahnya.
- ❑ Untuk menurunkan CCI , perlu secara fisik menjauhkan co-channel cell sampai jarak minimal sehingga mencukupi isolasi propagasi.

ADJACENT CHANNEL INTERFERENCE

- ACI : Interferensi dari sinyal yg dengan frekuensi didekatnya
- ACI : terjadi karena ketidak tepatan filter penerima yg memungkinkan frekuensi berdekatan bocor kedalam passband
- Masalah ini serius bila kanal yg disebelahnya sedang memancarkan dlm jarak yg dekat dgn penerima pengguna yg sedang menerima dr BS → near far effect





CARA MENGATASI INTERFERENSI

1. Management Frekwensi yang baik.
2. Intelligent Frequency Assignment.
3. Memberikan Frekwensi yang tepat terhadap MS.
4. Desain bentuk Antena.
5. Kemiringan Antena.
6. Mengurangi ketinggian Antena.
7. Mengurangi daya pancar.
8. Pemilihan lokasi cell site yang tepat.



PENGENDALIAN DAYA UNTUK MENGURANGI INTERFERENSI

- Dalam praktek radio seluler daya pancar MS dikendalikan oleh BS utk memastikan bhw MS memancar dgn daya minimal yg dibutuhkan.
- Keuntungan pengendalian daya :
 - Memperpanjang usia baterai
 - Mengurangi SIR reverse channel

PENINGKATAN KAPASITAS PADA SISTEM SELULER

- Jika demand layanan nirkabel meningkat, jumlah kanal yg ditetapkan pd sel tsb menjadi tidak cukup utk melayani user → perlu menambah kanal.
- Teknik utk meningkatkan kapasitas sistem seluler :
 - Cell splitting
 - Sectoring

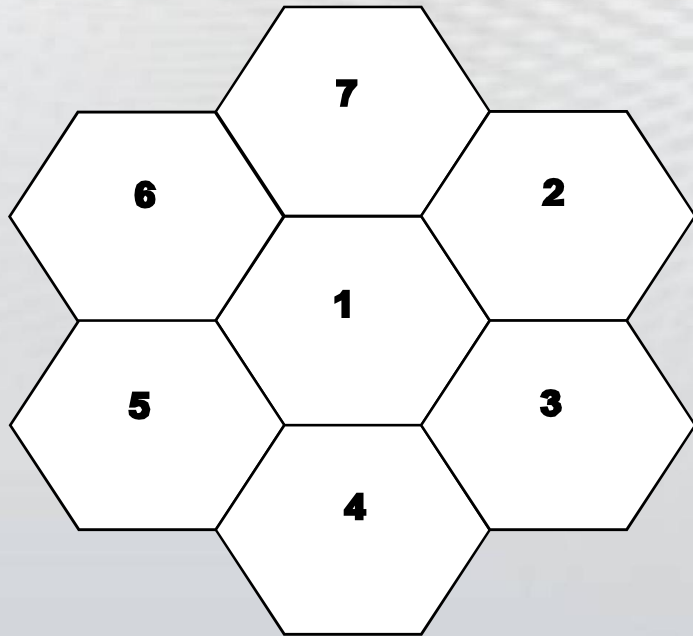
CELL SPLITTING

- To increase the capacity, the operator performs cell splittings

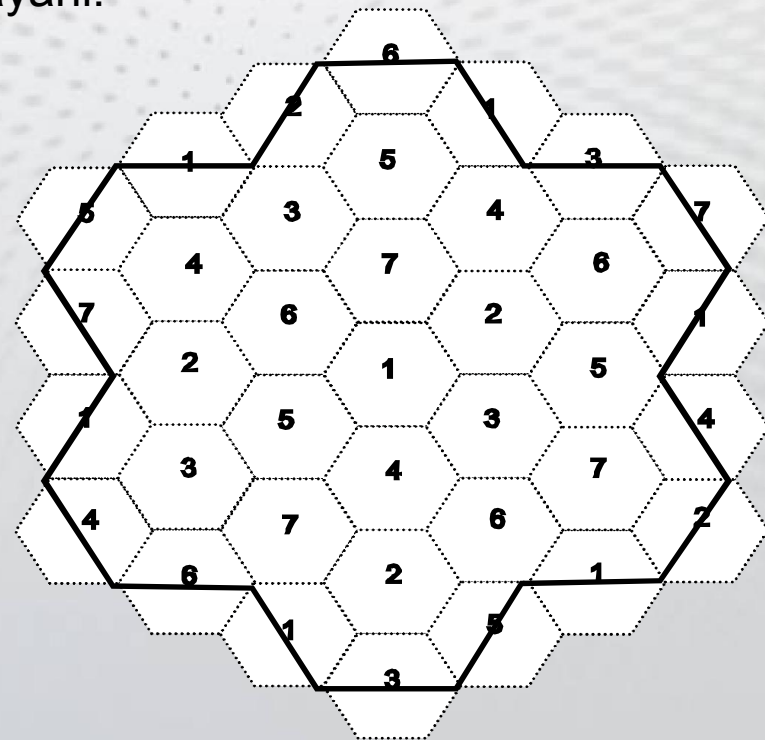
Diperlukan pada saat :

- Kepadatan trafik dalam cell meningkat.
- Kanal yang ada tidak mampu melayani.

$$\frac{C_1}{C_0} = \left(\frac{R_0}{R_1} \right)^2 = \frac{P_0}{P_1}$$



before cell splitting



after cell splitting

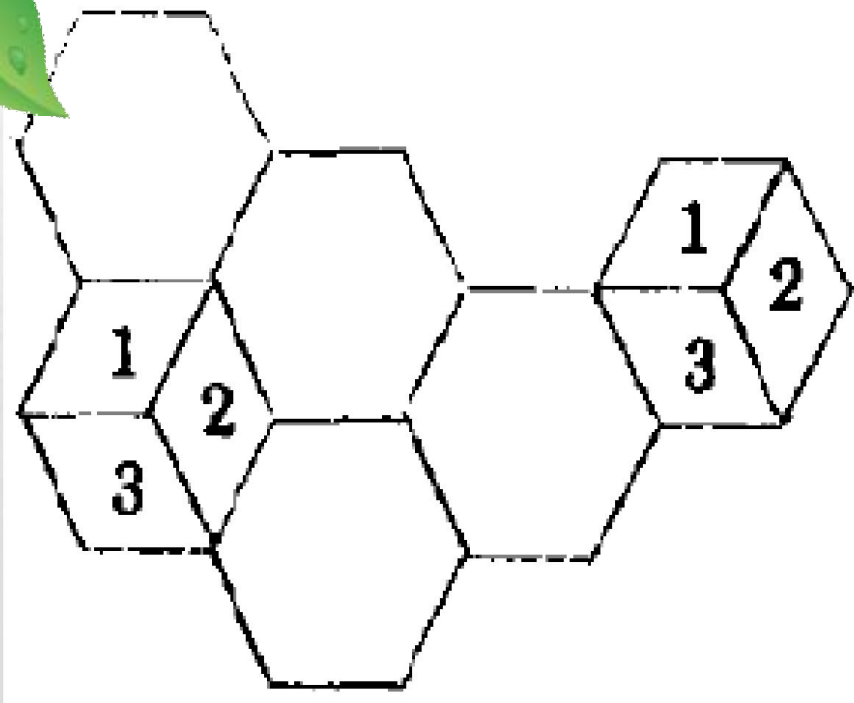
CELL SPLITTING

- Cell splitting : proses pembagian sel yg kongesti menjadi sel yg lebih kecil,
- Setiap sel dgn jari² R memiliki luas 4 kali dari sel dgn jari² R/2
- Penambahan jumlah sel akan menambah jumlah kluster yg selanjutnya menambah kapasitas kanal
- Sel baru lebih kecil → daya pancar harus dikurangi

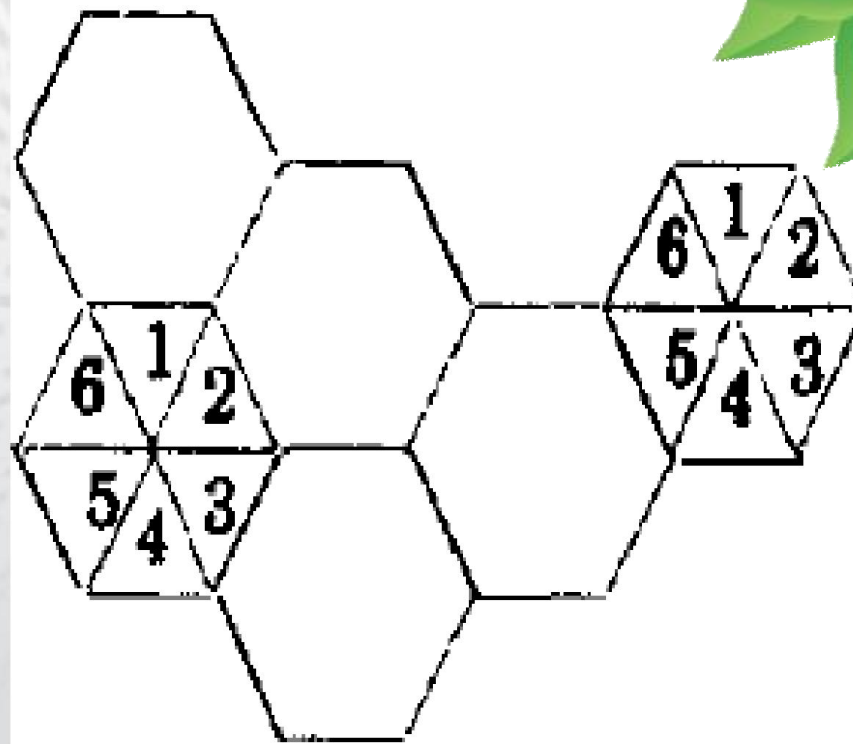
SECTORING

- ❑ Sectoring : teknik menurunkan CCI dan meningkatkan kapasitas dengan menggunakan antena directional
- ❑ Pada sectoring :
 - ❑ Jari-jari sel tidak berubah
 - ❑ Menurunkan perbandingan D/R
- ❑ Penambahan kapasitas dilakukan dgn mengurangi jumlah sel dalam kluster dan meningkatkan frequency re-use → perlu menurunkan interferensi tanpa menurunkan daya pancar
- ❑ CCI dapat diturunkan dengan cara mengganti antena omni-directional dengan antena directional
- ❑ Sel pada umumnya dipartisi menjadi 3 sektor a 120° atau 6 sektor a 60°

SECTORING

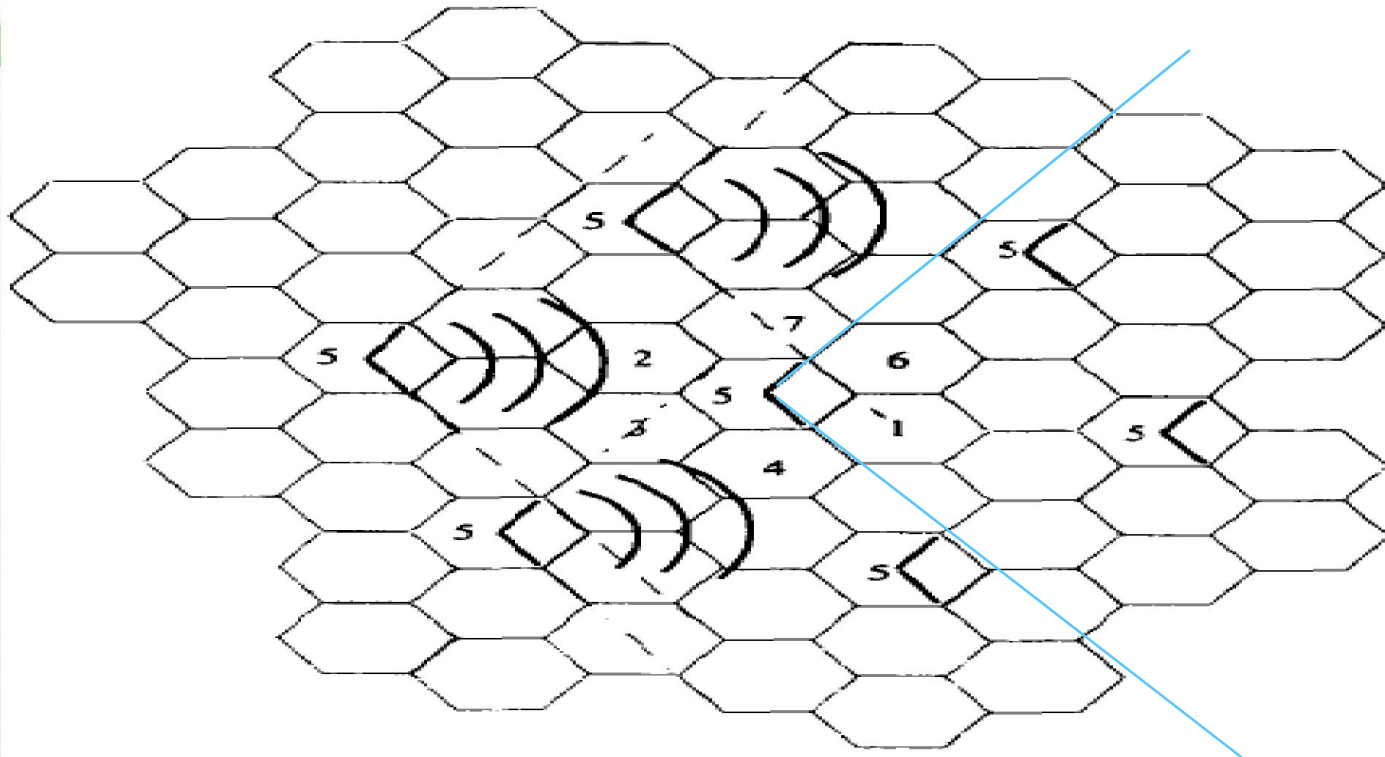


120° sectoring



60° sectoring

SECTORING



Ilustrasi bagaimana sektorisasi 120° mengurangi interferensi dari sel co-channel

Banyaknya sel penginterferensi lapis 1 berkurang dr 6 menjadi 2
→ SIR meningkat menjadi 24,2 dB

SECTORING

- ❑ Dalam praktek SIR dapat juga ditingkatkan dengan cara downtilting antena sektor sedemikian sehingga pola radiasi pd bidang vertikal memiliki puncak di sel co-channel terdekat
- ❑ Dampak sektorisasi :
 - ❑ Antena BS lebih banyak
 - ❑ Jumlah handoff meningkat → banyak operator menghindari sektorisasi, terutama utk daerah perkotaan padat dimana pola antena terarah kurang efektif mengendalikan propagasi radio



THANK YOU