PERENCANAAN DAN ANALISIS RETUNE FREKUENSI 1710-1717.5 MHZ DENGAN 1730-1745 MHZ PADA TEKNOLOGI DCS1800 DI AREA MADURA

PLANNING AND ANALYSIS OF FREQUENCY RETUNE 1710-1717.5 MHZ WITH 1730-1745 MHZ IN DCS1800 TECHNOLOGY IN MADURA AREA

Alif Randhy Pratama[1], Dr. Ir. Heroe Wijanto, M.T.[2], Budi Syihabuddin, S.T., M.T.[3]
Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
[1]rundpratama@students.telkomuniversity.ac.id, [2]heroe@telkomuniversity.ac.id,
[3]budisyihabuddin@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Status penggabungan dua operator seluler ramai diperbincangkan di Indonesia. Jika benar ini terjadi maka akan ada ekspansi besar-besaran terutama pada sisi teknis. Salah satu sumber daya yang perlu diperhatikan adalah frekuensi kerja dari operator yang perlu penanganan khusus agar terjaga efisiensi sumber daya frekuensi dan kualitas performa jaringan. Pada penelitian ini diteliti mengenai *retune* frekuensi secara menyeluruh pada teknologi DCS1800 dan diujikan pada area Madura dengan tujuan untuk melihat seberapa besar pengaruh pengurangan frekuensi kerja terhadap performa jaringan yang telah dilakukan pengalokasian ulang. Sebelumnya di Madura telah tergelar jaringan dan kondisi tersebutlah yang akan diolah dengan metode konvensional berupa optimasi *coverage* dari segi *radio access*.

Dari penelitian ini didapatkan bahwa pengurangan alokasi frekuensi mempengaruhi performa jaringan jika dilihat melalui parameter *carrier to interference ratio* dan kualitas daya terima namun tidak terpengaruh terhadap level daya terima, sehingga dapat dikatakan terjadi efisiensi jika dilihat dari segi level daya terima namun terjadi penurunan terhadap kualitas sinyal dan kualitas daya terima.
Kata Kunci: DCS1800, *retune*, RXLEV, RXQUAL, C/I, *coverage*.

Abstract

Status of the two merger mobile providers has been busy discussed in Indonesia. If it is really happened then there would be a massive expansion, especially on the technical side. One of the resources that need to be considered is the band frequency that need special handling in order to keep the efficiency frequency resource and network quality performance. In this final project examined on the overall frequency retune of DCS1800 and observed technology in Madura area with the aim to see how much influence the reduction of the band frequency of the network performance that has made reallocation. Madura has been held previously in the network and is exactly what the conditions will be processed by conventional methods such as optimization of coverage in terms of radio access.

From this study, it was found that the reduction of the frequency allocations affect network performance when showed through the Carrier to Interference Ratio parameter and RxQual parameter but not influenced by the RxLev parameter, so it can be said to occur if the efficiency in terms of received power level but a decline of the quality of the signal and the quality of the received power.
Keywords: DCS1800, retune, RXLEV, RXQUAL, C / I, coverage.

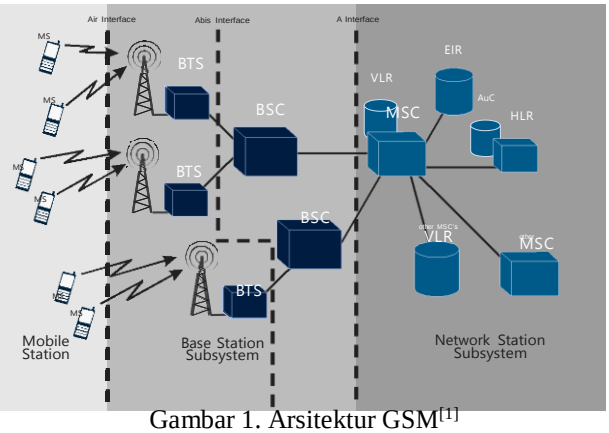
1. Pendahuluan

Indonesia terlihat ramai dengan banyaknya operator penyedia jasa telekomunikasi yang jumlahnya hampir mencapai lima, sedangkan bnyak di negara-negara besar hanya beroperasi dua samapi tiga operator dalam satu negara. Banyaknya operator yang beroperasi di Indonesia membuat beberapa operator memilih untuk bergabung untuk menyelamatkan asset yang dimiliki sebelum terjadi pailit diperusahaannya, contoh kasus yang sekaligus menjadi objek penelitian adalah operator XL dan Axis. Menggabungkan kedua operator ini perlu ada penanganan khusus terutama untuk *technical side*, *resource* frekuensi harus mengalami penataan ulang untuk mencapai tujuan efisiensi maka dari itu perlu dilakukan *retune* frekuensi, selain itu pengefisiensian ini juga menjadi persiapan untuk penerapan teknologi lain.

Pada penelitian ini diujikan pada daerah Madura yang merupakan daerah yang penetrasi kedua operator dan penggunaan teknologi GSM DCS1800 masih pesat, selain itu penelitian ini hanya membahas pada sisi *coverage* dan tidak dilakukan verifikasi dengan hasil pengukuran sebenarnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui strategi penurunan *resource* frekuensi yang dimiliki oleh Axis untuk kemudian dianalisa performa sejauh mana terjadi pengurangan kualitas dari tiga parameter yang diujikan yaitu *carrier to interference ratio*, RxLev, dan RxQual. Semua itu akan dibantu oleh *software* simulasi perancangan jaringan seluler yang disebut Forsk Atoll 3.2.1. Tujuan selanjutnya adalah memberikan rekomendasi pengalokasian ulang frekuensi kepada operator terkait dari segi *coverage* pada *band* 1800 MHz.

2. Dasar Teori

Arsitektur GSM dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu *Mobile Station* (MS), *Base Station Subsystem* (BSS), dan *Network and Switching Subsytem* (NSS).



Gambar 1. Arsitektur GSM[1]

Mobile Station (MS) adalah suatu perangkat PLMN (*Public Land Mobile Network*) untuk terhubung dalam jaringan. MS terdiri dari *Mobile Equipment* (ME) dan *Subscriber Identity Mobile* (SIM). Kemudian ada *Base Station Subsystem* (BSS) yang menyediakan akses radio dari dan ke MS selain itu BSS merupakan bagian yang mengatur sistem radio akses. Pada BSS terdiri dari dua perangkat utama yaitu *Base Trenceiver Station* (BTS) dan *Base Station Controller* (BSC). Terakhir ada *Network and Switching Subsytem* (NSS) yang berfungsi menggabungkan *call router switch* (MSC dan GMSC) dengan *database registry*. NSS berguna untuk mengatur mobilitas pelanggan seperti pergantian panggilan, kontroling panggilan, dan pencatatan panggilan. Di samping itu NSS berguna sebagai antarmuka jaringan GSM dengan teknologi lain.

2.1. Frekuensi *Reuse*

Konsep frekuensi *reuse* adalah memungkinkan penggunaan frekuensi yang sama di sel yang berbeda, salah satu syarat penggunaan frekuensi *reuse* adalah jarak sel yang memiliki frekuensi yang sama harus sesuai dengan syarat jarak bebas interferensi dengan kata lain pengulangan penggunaan harus berada pada lokasi yang berbeda yang memiliki kemungkinan interferensi paling kecil. Adapun persamaan dalam penentuan frekuensi *reuse* adalah sebagai berikut [7][8] :

$$\text{[illegible]} = \frac{\text{[illegible]}}{\text{[illegible]}} = \sqrt{3}\,\text{[illegible]} \qquad (1)$$

$$\text{[illegible]} = \text{[illegible]}^2 + \text{[illegible]} + \text{[illegible]}^2 \qquad (2)$$

Di mana D adalah jarak antar BS yang berfrekuensi identik, kemudian R adalah radius cakupan sel, dan terakhir K adalah ukuran *cluster*, terdiri dari *i* dan *j* yang merupakan jumlah sel tetangga. Secara konseptual, bentuk sel yang digunakan berbentuk hexagonal. Hal ini akan memudahkan dalam perhitungan. Melalui bentuk hexagonal tersebut dapat dikatakan bahwa jumlah sel penginterferensi yang berada disekitar sel tinjauan berjumlah 6 sel.

$$\text{[illegible]} = \frac{\text{[illegible]}^{-4}}{2(\text{[illegible]}^{-4} + 2(\text{[illegible]}^{-4} + 2\text{[illegible]}^{-4}} \qquad (3)$$

$$\text{[illegible]} = \frac{1}{2(\text{[illegible]}-1)^{-4} + 2(\text{[illegible]}+1)^{-4} + 2\text{[illegible]}^{-4}} \qquad (4)$$

$$\text{[illegible]} = \frac{1}{6}\,\frac{\text{[illegible]}^{-4}}{\text{[illegible]}} \qquad (5)$$

Karena di tiap sel akan ada frekuensi tertentu, maka perlu penomoran tiap sel berdasarkan frekuensi pembawanya, penomoran itu disebut *Absolute Radio Frequency Channel Number* (ARFCN). ARFCN adalah satuan angka yang menggambarkan sepasang frekuensi *uplink* dan *downlink*. ARFCN memiliki *bandwidth* sebesar 200 Khz[4]. Untuk menentukan ARFCN dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan matematis di bawah ini[5].

$$U\text{[illegible]} = 1710.0 + ((\text{[illegible]} - 511) * 0.2) \qquad (6)$$

$$\text{[illegible]} = U\text{[illegible]} + 95.0 \qquad (7)$$

2.2. Kanalisasi GSM *(Channelization)* dan Konsep Frekuensi Hopping

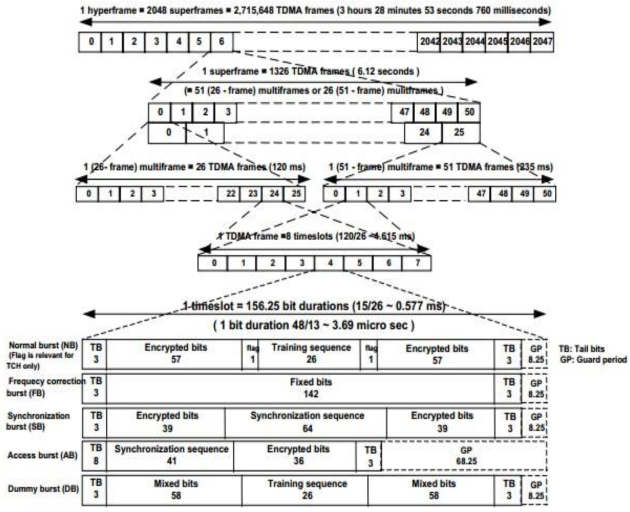
Pada struktur kanal GSM terdapat dua jenis kanal yaitu kanal fisik dan kanal logika, kanal fisik berhubungan dengan kanal frekuensi radio dan TS sedangkan kanal logika berkaitan dengan informasi dan kontrol data

pensinyalan. Kanal fisik digunakan untuk mentranmisikan data, suara atau berbagai informasi. Kanal logika terbagi menjadi dua yaitu kanal bersama (*Common Channel–CCH*) dan kanal trafik (*Traffic Channel–TCH*). [6].

Konsep frekuensi *hopping* merupakan salah satu teknik *Spread Spectrum*. Penerapan *frequency hopping* secara sederhana menganti frekuensi *carrier*-nya agar kualitas sinyal dapat terjaga dan interferensi frekuensi dapat diminimalisir. Dalam teknik *frekuensi hopping* ini terdapat dua teknik yang diterapkan pada GSM yaitu *synthesizer hopping* dan *baseband hopping*[4].

2.3. Struktur *Frame* GSM

Pada TDMA, tiap frekuensi *carrier* dibagi ke dalam *frame* yang berisi 8 buah TS dengan durasi mendekati 577µs yang memiliki lebar 156.25 bit tiap TS. Durasi tiap *frame* TDMA adalah 577µs x 8 = 4.615 ms. Untuk lebih jelas dapat dilihat melaluI gambar di bawah ini[5].



Gambar 2. Struktur Frame pada TDMA[5]

2.4. Parameter-Parameter Performansi GSM

Pada hasil penelitian ini parameter-parameter yang menjadi tolak ukur kualitas performansi jaringan GSM adalah sebagai berikut.

Carrier to Interference Ratio (C/I)

Kualitas sinyal dari sebuah koneksi dapat diukur melalui perbandingan kualitas sinyal *carrier* dengan daya interferensi terima dari sel yang identik (*co-channel*), kemudian ini disebut sebagai *Carrier to Interference Ratio* (C/I) [3]. Secara matematis dapat dilihat pada persamaan di bawah ini.

$$\frac{C}{I} = \frac{[illegible]}{[illegible]} \quad (8)$$

Receive Signal Level (RXLEV)[7]

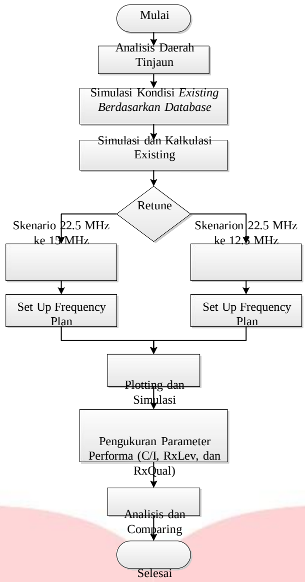
Level sinyal yang diterima oleh MS dan BTS untuk masing-masing pancaran yang diterima. Ketika menggunakan laporan pengukuran standar, cakupan dari 34 -110 dBm sampai -47 dBm dapat ditangani. Untuk level -110 dBm, -109dBm…-47 dBm dengan kode 0,1,…63, secara berurutan.

Receive Signal Quality (RXQUAL) [7]

Kualitas dari penerimaan sinyal ditentukan dengan pengukuran bit error rate (BER) dari training sequence, sebelum koreksi errordilakukan. Data berupa kode level kualitas berkisar antara 0 sampai 7. Level 0 sama dengan nilai BER < 0.2 %, 1 untuk 0.2 % < BER < 0.4 %, 2 untuk 0.4 % < BER < 0.8 % dan seterusnya. Level 7 sama dengan nilai BER > 12.8 %.

2.5. Diagram Alir

Untuk mencapai tujuan yang diharapkan, dibutuhkan alur kerja yang akan membantu tahap pengerjaan penelitian agar lebih sistematis. Dimulai dari menganalisis daerah tinjauan dan kondisi *existing*, kemudian disimulasikan sebagai landasan perbandingan. Untuk *retune* frekuensi diujikan dua skenario yaitu penuruan frekuensi menjadi 7.5 MHz dan menjadi 5 MHz, skenario ini akan dibandingkan dengan kondisi *existing* dan dilihat performa berdasarkan parameter C/I, RxLev, dan RxQual.



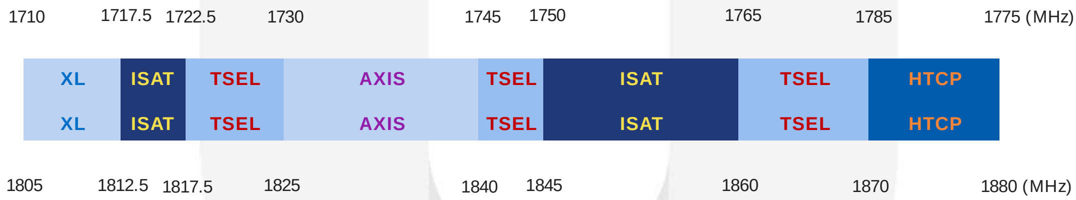
Gambar 3. Diagram alir percancangan retune jaringan GSM

3. Perancangan Sistem

3.1. Simulasi dan Analisis Daerah Tinjauan dan Kondisi *Existing*

Pulau Madura dipilih karena prospek GSM masih terbilang cukup besar, dan telah digelar jaringan dari kedua operator terkait. Kondisi *existing* yang yang ada akan disimulasikan untuk diperoleh data awal sebagai pembanding dengan hasil skenario *retune* nantinya. Data awal yang dimaksud adalah nilai-nilai parameter yang telah ditentukan yaitu C/I, RxLev, dan RxQual. Perlu juga diketahui kondisi *existing* untuk alokasi ARFCN, untuk *baseline* digunakan ARFCN 612-636 untuk BCCH dan 638-679 untuk TCH.

Perlu diketahui juga alokasi *bandwidth* yang terdaftar di Indonesia memberikan *resource* yang cukup banyak kepada kedua operator terkait. Total *bandwidth* yang dimiliki setelah mereka bergabung adalah 22.5 MHz. Dapat dilihat melalui gambar di bawah.



Gambar 4. Alokasi frekuensi DCS 1800 sebelum penataan ulang [2][3]

2.2. Perancangan dan Simulasi *Retune* Frekuensi

Perlu juga diperhatikan saat simulasi tentang seberapa banyak jumlah *transmitter* yang akan digunakan. Jika merujuk pada teori sel berbentuk hexagonal. Kita dapat menentukan jumlah TRx yang akan digunakan dalam perancangan melalui persamaan *Interference Limited System*[9]. Misalkan untuk *bandwidth* 7.5 MHz dengan *Guard Band* sebanyak 3 ARFCN dan koefisien propagasi α = 4 sehingga C(α) = 7.

7.5 [illegible] − 600 [illegible] = 6.9 [illegible]

$$\frac{6.9\ \text{[illegible]}}{200\ \text{[illegible]}} = 34\ \text{[illegible]}$$

Γ ([illegible]) = (√3 [illegible] $\frac{1}{\text{[illegible]}}$

[illegible] = 9 [illegible] → Γ = 7.943

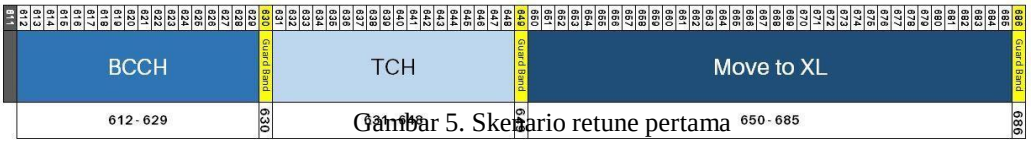
$$7.943 = \frac{9\text{[illegible]}}{7}$$

$$\text{❓} = \sqrt{6.177} = 2.485 \approx 3$$

Tiap sel membutuhkan satu TRx untuk BCCH dengan K= 3 maka dari 34 kanal ada tiga kanal disiapkan untuk BCCH. TCH juga menggunakan K = 3 maka tiap sel akan memiliki 10 kanal TCH sehingga jumlah TRx untuk TCH ada 10. Jadi total TRx tiap sel dengan K= 3 adalah 11 dengan rincian satu untuk BCCH dan 10 untuk TCH.

2.2.1 Skenario 1

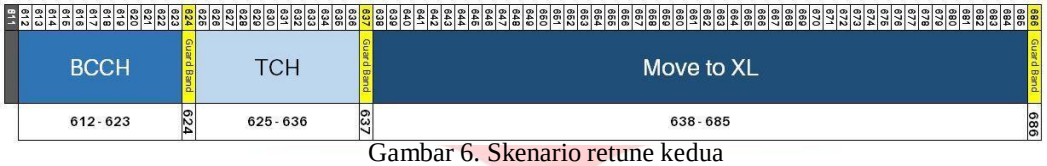
Skenario pertama mengurangi *bandwidth* 15MHz menjadi 7.5MHz untuk dipakai di LTE. Alokasi frekuensinya adalah sebagai berikut: BCCH menggunakan ARFCN 612 – 629 dan TCH berada di ARFCN 631 – 648.



Gambar 5. Skenario retune pertama

2.2.2 Skenario 2

Skenario kedua memanfaatkan *bandwidth* yang berjumlah 5 MHz, BCCH mendapatkan alokasi di 612 – 623 dan TCH berada di ARFCN 625 – 636.



Gambar 6. Skenario retune kedua

2.2.3 Pemanfaatan Frekuensi *Reuse*

C/I yang ditetapkan untuk GSM yaitu diatas 9 dB tetap terpenuhi. Pola frekuensi yang akan digunakan dapat diketahui melalui persamaan (2.1) dan persamaan (2.5)berikut.

$$\frac{C}{I} = \frac{1}{6}\left(\frac{D}{R}\right)^{-4} \approx \frac{C}{I} = \frac{9D^4}{6R^4}$$

$$\frac{D}{R} = \sqrt{\frac{6\frac{C}{I}}{9}}$$

$$\frac{D}{R} = \sqrt{\frac{9 \cdot 6\frac{C}{I}}{9}} = \sqrt{\frac{7.943 \cdot 6}{9}} = 2.301 \approx 3$$

Berdasarkan hasil perhitungan, maka untuk penerapan frekuensi *reuse* kita menggunakan K=3. Dengan nilai ini dapat ditentukan jarak *reuse* melalui persamaan berikut.

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

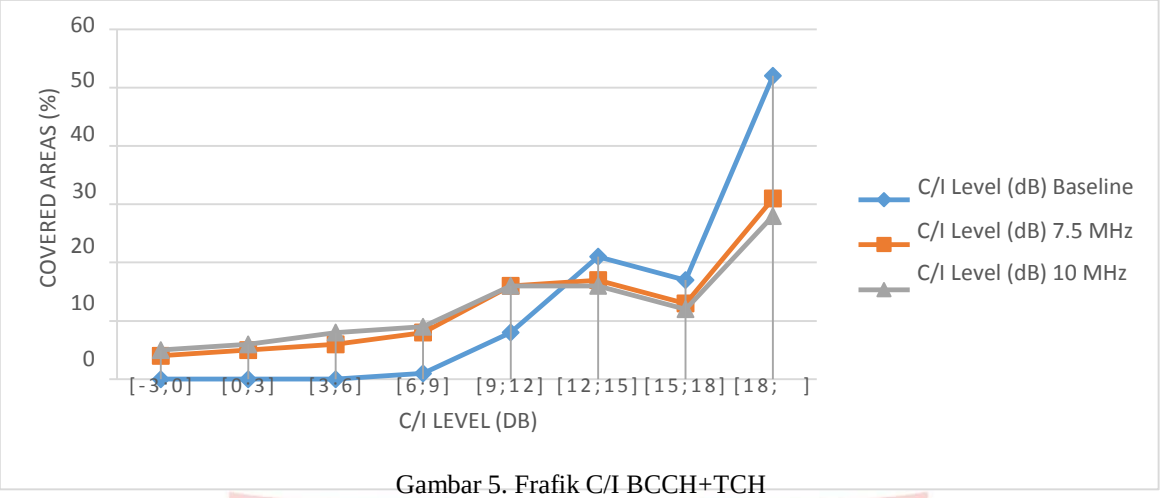
$$\frac{D}{R} = \sqrt{3 \cdot 3}$$

$$\frac{D}{R} = 3 \rightarrow 1:3$$

D adalah jarak antara sel yang menggunakan frekuensi yang identik, kemudian R adalah jari-jari sel. Jadi dengan mengetahui nilai K=3, dapat dihasilkan perbandingan antara D dan R adalah 1:3

2.3. Analisis Hasil Simulasi Perancangan

3.4.1 *Carrier to Interference Ratio*

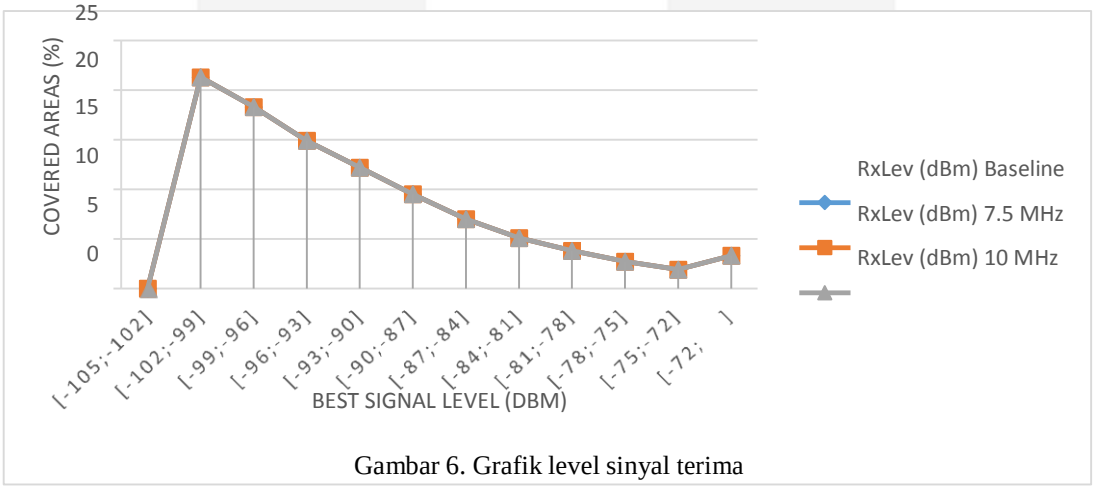


Gambar 5. Frafik C/I BCCH+TCH

Dapat dilihat melalui grafik diatas, untuk BCCH+TCH yang awalnya 98% mengalami penurunan. Berdasarkan pangukuran C/I ini, penurunan kualitas sebanding dengan pengurang *bandwidth* yang digunakan untuk mengalokasikan BCCH dan TCH. Seperti yang dilakukan pada skenario pertama dan kedua menunjukkan penurunan performa, dimulai pada skenario pertama dengan *bandwidth* 7.5 MHz turun hingga 77%, kemudian skenario kedua dengan *bandwidth* 5 MHz terlihat penurunan kulaitas C/I hingga 72%. Perlu diketahui juga bahwa jumlah TRx yang disimulasikan pada skenario-skenario *retune* frekuensi ini berjumlah 4, satu untuk kanal BCCH dan sisanya untuk TCH. Salah satu solusi untuk meningkatkan kulalitas C/I pada skenario *retune* adalah mengurangi jumlah TRx, sehingga penggunaan ARFCN pada sektor semakin sedikit dan kemungkinan terjadi interferensi semakin kecil.

Untuk rekomendasi implementasi, dianjurkan untuk menganalisis jumlah penduduk pengguna Axis dan XL di Pulau Madura agar diketahui kebutuhan TRx dari sektor-sektor tertentu. Hal ini bertujuan agar selain medapatkan C/I yang layak diterapkan, kapastias jaringan juga memenuhi kebutuhan konsumen operator tersebut.

3.4.2 RxLev



Gambar 6. Grafik level sinyal terima

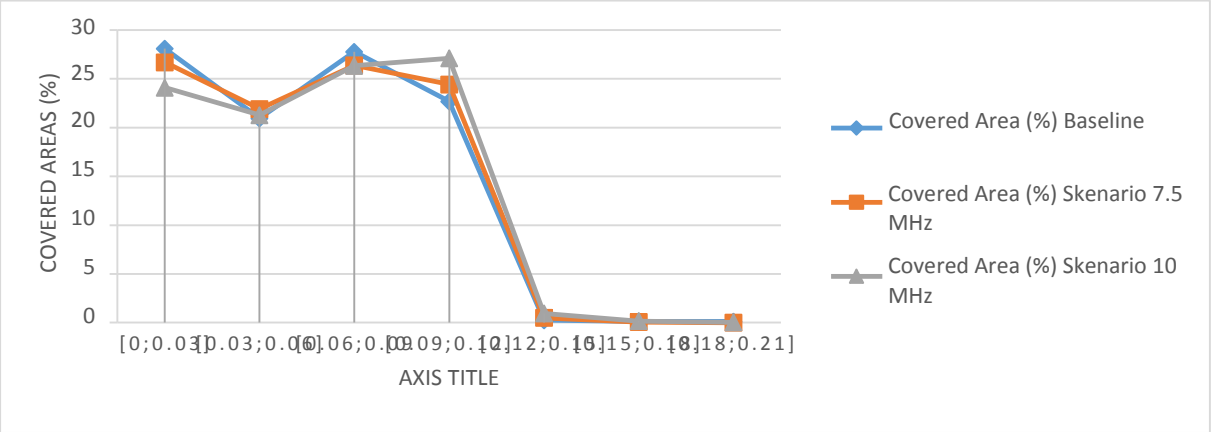
Pada grafik Gambar 4.16 menunjukkan level sinyal terima untuk semua skenario sama, semua skenrio berada pada klasifikasi RxLev_9 hingga RxLev_38 yang artinya rentan level daya terima itu ada di sekitar -102 dBm hingga -72 dBm, semakin besar nilai RxLev maka semakin bagus kualitas sinyal terima pada area tersebut. Identiknya level daya terima di semua skenario ini disebabkan karena spesifikasi *site* seperti perangkat site, tinggi BTS, *power transmitter*, dan lainnya itu semua sama pada saat disimulasikan pada tiap-tiap skenario dan tidak ada pengaruhnya sama sekali dengan *bandwidth*. Jadi untuk mengimplementasikan skenario apapun, dari segi level sinyal terima semua layak diterapkan. Best Signal Level (dBm)

RxLev ternyata berpengaruh dengan jarak radius suatu *site*, hasil simulasi menunjukkan bahwa level yang terkuat memiliki persentase area cakupan lebih sedikit dan naik secara perlahan seiring dangan penuruan level daya terima. Jika dilihat kembali Gambar 4.1 terlihat bahwa diujung-ujung area cakupan *site* terlihat berwarna orange yang menunjukkan level daya terima diarea tersebut ada di kisaran -102 dBm sampai -99 dBm. Dan di

dekat antenna TRx ada sedikit area yang berwarna biru yang berarti level daya terima di area tersebut ada di kisaran -72 dBm hingga -75 dBm.

3.4.3 RxQual

Kemudian pada Gambar 4.17 RxQual, semua skenario berada pada level RxQual_0, namun ada sedikit perbedaan nilai BER pada tiap skenario jika dilihat lebih detail. Asumsi batas BER dinaikkan menjadi 0.1%. Maka terlihat untuk BER *baseline* 76.8172 % berada di level 0.1%, skanrio pertama menghasilkan 75% dan skenario kedua menghasilkan 71.72%. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan *bandwidth* juga menyebabkan penurunan kualitas sinyal terima.



Gambar 7. Grafik kualitas level terima

Jika membandingkan ketiga skenario, RxQual tetap berada pada batas ambang wajar yaitu di RxQual_0 artinya terjadi efisiensi *bandwidth* jika diterapkan skeario *retune* nantinya, meskipun diturunkan hingga 10 MHz BER hanya berkurang dari 76.817% menjadi 71.72%. Jadi penurunan *resource* frekuensi dari 15 MHz ke 5 MHz memungkinkan diterapkan jika ditinjau parameter performa RxQual ini.

Melihat hasil simulasi dan performa jaringan setelah di-*retune*, beberapa ada yang layak diterapkan karena melihat kondisi efisiensi yang dihasilkan. Mmeskipun dapat diterapkan alokasi frekuensi sangat mempengaruhi kualitas sinyal, luas cakupan dan banyaknya kanal yang tersedia. Dalam skenario diatas, pengurangan *bandwidth* ini mempengaruhi kualitas, namun pada perancangannya digunakan jumlah TRx yang sama sehingga memungkinkan untuk mendapatkan C/I yang lebih bagus jika jumlah TRx dikurangi. Hal ini butuh penelitian lebih lanjut terkait jumlah pelanggan yang ada di daerah Madura.

Terkait dengan jumlah TRx, di bab III dijelaskan perhitungan mengenai jumlah TRx yang ideal untuk digunakan pada simulasi, perhitungan tersebut berangkat dari hubungan antara *bandwidth* dan C/I. Namun, hasil dari perhitungan jumlah TRx tersebut tidak memungkinkan diterapkan karena kondisi *existing* sama sekali tidak sama dengan kondisi teori. Jika tetap diterapkan maka akan menyebabkan penurunan kualitas yang sangat drastis baik itu untuk BCCH maupun untuk TCH, meskipun menggunakan frekuensi *reuse* tapi kondisi sebenarnya tidak memungkinkan diterapkannya frekuensi *reuse*.

Selanjutnya rekomendasi yang dihasilkan untuk penerapan teknologi lain pada *bandwidth* yang disishkan itu tergantung dari kesanggupan penyedia jasa dalam hal ini yang memiliki hak penggunaan *band* frekeunsi 1730 MHz – 1745 yaitu XL, namun jika melihat regulasi yang terdaftar di pemerintah *band* tersebut masih terdaftar untuk teknologi GSM DCS 1800. Jadi rekomendasinya adalah *retune* ini perlu dilakukan dengan syarat harus bertahap penurunan *resource* frekuensinya melihat kondisi pengguna Axis yang nantinya akan dimigrasi menjadi pengguna XL. Proses ini membutuhkan waktu yang cukup lama karena melihat kesiapan XL apakah bisa meningkatkan perangkat jaringan untuk menampung tambahan pengguna dari operator Axis.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pemaparan yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan mengenai *ratune* frekuensi pada operator terintegrasi di Pulau Madura sebagai berikut:

1. Hasil *retune* frekuensi yang dihasilkan adalah berupa pengurangan bandwidth yang awalnya 15 MHz dikurangi menjadi 7.5 MHz untuk skenario pertama dan menjadi 5 MHz untuk skenario kedua. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini berupa penurunan kualitas C/I menjadi 77% untuk skenario pertama dan 72% untuk skenario kedua. Level daya terima tidak mengalami perubahan, tetap berada di -102 dBm sampai -99 dBm, jadi penurunan *bandwidth* tidak mempengaruhi level daya terima. Untuk kualitas daya terima, perbandingan antara *existing* dan kedua skenario yang diujikan hanya mengalami penurunan yang sedikit namun tetap berada di klasifikasi yang sama yaitu di level RxQual_0 (BER<0.2%).

2. Penerapan pengurangan *resource* frekuensi Axis menghasilkan *bandwith* yang tidak dipakai sebesar 7.5 MHz untuk skenario pertama dan 10 MHz untuk skenario kedua pada GSM DCS 1800, namun kemudian *bandwidth* itu digunakan untuk persiapan penerapan teknologi lain, misalnya LTE.

3. Dari hasil simulasi pengurangan *resource* frekuensi sebsar 7.5 MHz dan 10 MHz, terjadi efisiensi *bandwidth* dari segi *coverage*, namun mengalami penurunan kualitas sebesar 23% - 28%. Meskipun begitu, semua skenario dapat diimplementasikan oleh operator terkait.

Untuk kedepannya bias menganalisis bukan hanya dari segi cakupannya namun bisa dianalisis juga dari segi kapasitasnya sehingga dapat diterapkan secara nyata dan menjadi rekomendasi ke perusahaan terkait. Bisa juga menambahkan parameter-parameter yang lain agar lebih variatif sehingga hasil analisis yang didapatkan bisa lebih akurat dan untuk pengukuran RxQual dan RxLev disarankan untuk melakukan *drive*

Daftar Pustaka :

[1] A. International, *GSM Architecture Overview.*
[2] Denny Setiawan, ST. MT, *SEMINAR "LTE INDONESIA : Teknologi, Regulasi, Ekosistem dan Aplikasi"*, Jakarta: Kementrian Komunikasi dan Informatika, 2013.
[3] Denny Setiawan, ST. MT, Alokasi Frekuensi KEBIJAKAN DAN PERENCANAAN SPEKTRUM INDONESIA, Jakarta: Departemen Komunikasi dan Informarika, Direktorat Jendral Pos dan Telekomunikasi, 2010.
[4] E. R. Systems, *Frequency Hopping,* Ericsson, 1999.
[5] Ericsoon, *Channel Concepts,* Ericsson.
[6] I. A. Yusuf, "bincangmedia.wordpress.com," 2011 October 2011. [Online]. Available: https://bincangmedia.wordpress.com/tag/perkembangan-telekomunikasi-di-indonesia/. [Diakses 2014 December 3].
[7] J. Eberspächer, H.-J. Vögel, C. Bettstetter dan C. Hartmann, GSM Architecture, Protocols and Services 3rd Edition, Germany: John Wiley & Sons Ltd, 2009.
[8] T. S. Rappaport, Wireless Communications: Principles and Practice (2nd Edition), New Jersey: Prentice Hall PTR, 2002.
[9] W. C. Y. Lee, Mobile Cellular Telecommunications Systems, Singapore: McGraw-Hill Book Company, 1989.