



**HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Mohammad Rofi'i**  
**NPM : 0606074142**  
**Tanda Tangan : .....**  
**Tanggal : .....**

**Universitas Indonesia**



*(Rofi'i)*  
*Yulita*

*Hms*

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada ALLAH SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. Arifin Djauhari MT selaku Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini,
2. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
3. Bapak Hendra Gunawan selaku Operasional PT TELKOM Indonesia telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian dan diskusi
4. Pihak –pihak PT PSN (Pasific Satelit Nusantara ) yang telah membantu dalam memberikan data-data yang relevan
5. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Elektro 2006 yang telah memotivasi dalam penyusunan skripsi ini
6. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang telah membantu hingga selesainya tugas akhir ini.

Akhir kata, semoga Allah SWT, Rabb Yang Maha Kuasa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu dan skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, Juni 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Mohammad Rofi'i  
NPM : 0606074142  
Program Studi : Teknik Elektro  
Departemen : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Analisis Implementasi Teknologi Carrier In Carrier (Cnc) Pada Link Komunikasi Satelit Makassar – Jayapura, beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmediakan/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : Juni 2010

Yang menyatakan

( Mohammad Rofi'i )

**Universitas Indonesia**

## ABSTRAK

Nama : Mohammad Rofii  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul : Analisis Implementasi Teknologi Carrier In Carrier (CnC) pada Link Komunikasi Satelit Makassar – Jayapura

Modem CnC mampu menghemat *bandwith* transponder dengan melewati dua *carrier* (frekuensi pembawa) secara bersama-sama menempati spektrum frekuensi yang sama. Normalnya hal ini akan bersifat merusak (*interferensi signal*). Sebagai perbandingan, standar *carrier* harus menempati posisi spektrum frekuensi yang *non overlapping*, atau tidak ada *carrier* lain yang menempati spektrum yang sama. Untuk memperoleh hasil maksimal maka perlu diperhatikan prinsip management transponder yang berdampak pada utilisasi *bandwidth* dan daya /*power* yang harus seimbang. Penelitian ini dengan menggunakan software satmaster pro (untuk perhitungan link budget) sehingga diperoleh persen utilisasi *power* dan *bandwidth* pada transponder. Merujuk pada referensi penelitian pihak PT. Telkom terkait dengan implementasi teknologi Carrier In Carrier pada link komunikasi Makassar – Jayapura, maka penulis mencoba untuk menganalisa tingkat efisiensi penggunaan modem CnC tsb. Dengan variabel terkait yaitu diameter antenna 3,5 m untuk Makassar dan 5 m untuk Jayapura dan penggunaan variasi modulasi (QPSK, 8PSK, QAM untuk masing-masing coding FEC 0,75 dan 0,875). Hasil penelitian menunjukkan penggunaan modem CnC, didapatkan hasil penghematan bandwidth secara maksimal yaitu mendekati 50 % pada kondisi link *bandwidth limited*. Sedangkan pada kondisi *power limited*, penggunaan modem CnC kurang berpengaruh terhadap penghematan bandwidth.

Kata kunci :

*Transponder, Modem Carrier In Carrier (CnC), Efisiensi Bandwidth, Coding, Antena, Modulasi, dan Satelit.*

## ABSTRACT

Name : Mohammad Rofii  
Study Program : Electrical Engineering  
Title : Analysis of Implementation Technology Modem Carrier In Carrier (CnC) at Satellite Communication Link Makassar – Jayapura

DoubleTalk Carrier-in-Carrier (CnC) is technology that significantly reduces bandwidth occupancy of transponder by allowing two carriers to simultaneously occupy the same spectral location, a practice that is disastrous for normal carriers. By comparison, standard carriers must occupy non-overlapping spectral segments with no more than one carrier in the same space. The objective of this thesis is to get maximum result of saving transponder. This thesis use software Satmaster Pro (for link budget) to get percentage of *bandwidth utilization* and *power utilization* of transponder. According to research at PT. Telkom and discussion about implementation of technology Carrier In Carrier at Satellite Communication Link Makassar – Jayapura, Writer try to calculate and analyze the efficiency of using CnC. The calculation involved variable diameter of antenna 3,8 m for Makassar's ground segment and 5 m for Jayapura's ground segment, modulation of QPSK, 8PSK, QAM for each coding FEC 0,75 and 0,875. The calculation result show that the use of CnC get maximum saving (approach of 50 %) at *link bandwidth limited*. Nevertheless at *link power limited*, the use of modem CnC doesn't effect for saving transponder.

Key word:

*Transponder, Modem Carrier In Carrier (CnC), Efficiency Bandwidth, Coding, Antenna, Modulation, and satellite.*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GRAFIK.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR ISTILAH.....	xvi

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Ruang Lingkup Permasalahan.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Metodologi Penulisan.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	6

### **BAB II Carrier In Carrier (CnC) pada Sistem Komunikasi Satelit**

2.1 Sistem Komunikasi Satelit Link Makassar – Jayapura.....	7
2.2 Sistem Carrier in Carrier	
2.2.1 Gambaran Umum CnC .....	8
2.2.2 Kinerja Carrier in Carrier.....	11
2.2.2.1 Proses “ Cancellation” pada Carrier in Carrier.....	13
2.2.3 Konfigurasi CnC pada sistem komunikasi satelit.....	16
2.2.4.1 Space Segment.....	17

2.2.4.1.1 Transponder.....	17
2.2.4.2 Ground Segment.....	19
2.2.4.2.1 Stasiun Pemancar.....	19
2.2.4.2.2 Stasiun Penerima.....	20
2.3 Sistem Akses Single Carrier Per Channel (SCPC).....	21
2.4 Modulasi.....	22
2.4.1 Modulasi QPSK.....	22
2.4.2 Modulasi 8PSK.....	23
2.4.3 Modulasi QAM.....	24
2.5 Forward Error Correction (FEC).....	25
2.5.1 Coding Gain.....	26
2.5.2 Bit rate, Bandwidth, Modulasi dan FEC.....	26
2.5.3 Daya / Power.....	27

### **BAB III Analisis Perhitungan Link Budget Sistem Komunikasi Satelit Makassar – Jayapura**

3.1 Link Budget dengan Software Satmaster Pro.....	29
3.2 Hasil Perhitungan Link Budget.....	40
3.2.1 Hasil Perhitungan Power Spectral Density (PSD).....	40
3.2.2 Hasil Perhitungan Bandwidth Allocation & Power Duplex.....	41
3.2.3 Hasil Perhitungan Jumlah Carrier Total BW dan Power Per - Transponder.....	41
3.2.3.1 Metode Kovensional.....	41
3.2.3.2 Metode CnC.....	42
3.2.4 Hasil Perhitungan Kebutuhan Transponder dan <i>Saving Transponder</i> .....	42
3.3 Analisis Hasil Perhitungan Link Budget.....	43
3.3.1 Analisis Power Spectral Density.....	43
3.3.2 Analisis Kebutuhan Bandwidth Alokasi Per Transponder.....	43
3.3.3 Analisis Kebutuhan Power Alokasi Per Transponder.....	45
3.3.4 Analisis Kondisi Link.....	46
3.3.5 Analisis Implementasi Carrier In Carrier.....	46

3.3.5.1 Analisis pada Modulasi QPSK 0,75 dan 0,875.....	46
3.3.5.2 Analisis pada Modulasi 8PSK 0,75 dan 0,875.....	50
3.3.5.3 Analisis pada Modulasi QAM 0,75 dan 0,875.....	53
<b>BAB V Kesimpulan.....</b>	<b>56</b>
<b>DAFTAR ACUAN.....</b>	<b>57</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>58</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	: Konfigurasi Implementasi CnC Link Komunikasi Makassar – Jayapura .....	8
<b>Gambar 2.2</b>	: Spectrum Analyzer untuk Dua Buah Carrier (Tanpa Penggunaan CnC).....	10
<b>Gambar 2.3</b>	: Spectrum Analyzer Untuk Dua Buah <i>carrier</i> Saat Penggunaan s CnC.....	10
<b>Gambar 2.4</b>	: Bandwidth dua buah <i>carrier</i> saat Penggunaan modulasi 8PSK , TPC $\frac{3}{4}$ (tanpa penggunaan CnC).....	11
<b>Gambar 2.5</b>	: <i>Bandwidth</i> dua buah <i>carrier</i> saat Penggunaan modulasi QPSK , TPC $\frac{7}{8}$ (tanpa penggunaan CnC).....	11
<b>Gambar 2.6</b>	: Bandwidth dua buah carrier saat Penggunaan modulasi QPSK , TPC $\frac{7}{8}$ (penggunaan CnC).....	12
<b>Gambar 2.7</b>	: Topologi CnC pada Link A dan Link B.....	13
<b>Gambar 2.8</b>	: Skema Proses Carrier In Carrier.....	14
<b>Gambar 2.9</b>	: Skema Penghilangan Carrier (Interference Canceller).....	15
<b>Gambar 2.10</b>	: <i>Full Duplex Link</i> dengan Penggunaan CnC.....	16
<b>Gambar 2.11</b>	: Frekuensi Plan Satelit Komunikasi C Band.....	18
<b>Gambar 2.12</b>	: FDMA, SCPC Kanal Yang Berbeda Menempati Frekuensi Yang Berbeda.....	21
<b>Gambar 2.13</b>	: Konstelasi sinyal QPSK.....	23
<b>Gambar 2.14</b>	: Beda Fase dan Konstelasi Modulasi 8PSK.....	24
<b>Gambar 2.15</b>	: Konstelasi Modulasi 16QAM.....	24
<b>Gambar 2.16</b>	: BER ( <i>Probability of error</i> ) versus Eb/No pada M-ary PSK.....	24
<b>Gambar 2.17</b>	: Perbandingan Bandwidth dan Keandalan Pada Modulasi QPSK, 8PSK dan 16 QAM.....	25
<b>Gambar 2.18</b>	: Penggunaan Modulasi dan FEC Terhadap Pemakaian Bandwidth dan Power.....	27
<b>Gambar 3.1</b>	: Dua Buah Carrier Dengan Bandwidth Yang Sama Dan Power Yang Berbeda.....	31
<b>Gambar 3.2</b>	: PSD Ratio dari Dua Buah Carrier.....	32
<b>Gambar 3.3</b>	: Sketsa Loading Carrier Dalam Sebuah Transponder Untuk	

	Modulasi QPSK 0,75 dengan Membandingkan Penggunaan CnC Terhadap Penggunaan Konvensional.....	48
<b>Gambar 3.4</b>	: Sketsa Loading Carrier Dalam Sebuah Transponder Untuk Modulasi QPSK 0,875 dengan Membandingkan Penggunaan CnC Terhadap Penggunaan Konvensional.....	49
<b>Gambar 3.5</b>	: Sketsa Loading Carrier Dalam Sebuah Transponder Untuk Modulasi 8PSK 0,75 dengan Membandingkan Penggunaan CnC Terhadap Penggunaan Konvensional.....	51
<b>Gambar 3.6</b>	: Sketsa Loading Carrier Dalam Sebuah Transponder Untuk Modulasi 8PSK 0,875 dengan Membandingkan Penggunaan CnC Terhadap Penggunaan Konvensional.....	52

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	: Kordinat Sinyal QPSK.....	23
<b>Tabel 3.1</b>	: Data Input <i>Link Budget</i> .....	29
<b>Tabel 3.2</b>	: Contoh Hasil Link Budget QPSK 0,75.....	36
<b>Tabel 3.3</b>	: Hasil Perhitungan Link Budget untuk % BW dan % Power Per Carrier.....	40
<b>Tabel 3.4</b>	: Hasil Perhitungan Power Spectral Density (PSD).....	40
<b>Tabel 3.5</b>	: Hasil Perhitungan dari Bandwidth Allocation dan Power Link Duplex.....	41
<b>Tabel 3.6</b>	: Hasil Perhitungan Jumlah Carrier, Total BW dan Power Per Transponder (Metode Konvensional).....	42
<b>Tabel 3.7</b>	: Hasil Perhitungan Jumlah Carrier, Total BW dan Power Per Transponder (Metode CnC).....	42
<b>Tabel 3.8</b>	: Kebutuhan Transponder dan <i>Saving Transponder</i> .....	43
<b>Tabel 3.9</b>	: Ringkasan Hasil Implementasi.....	55

## DAFTAR GRAFIK

<b>Grafik 3.1</b>	: Modulasi Vs Kebutuhan Bandwidth Dupleks Per Transponder (%) .....	44
<b>Grafik 3.2</b>	: FEC Vs Kebutuhan Bandwidth Dupleks Per Transponder (%).....	44
<b>Grafik 3.3</b>	: Modulasi Vs Kebutuhan Power Dupleks Per Transponder (%).....	45
<b>Grafik 3.4</b>	: FEC Vs Kebutuhan Power Dupleks Per Transponder (%).....	45
<b>Grafik 3.5</b>	: Perbandingan Konsumsi Bandwidth Terhadap Power.....	46
<b>Grafik 3.6</b>	: Perbandingan Kebutuhan Transponder Terhadap Modulasi.....	54

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Spesifikasi Modem CnC (CDM Qx).....	
58	
LAMPIRAN 2 Tahapan Operasional Modem CnC.....	59
LAMPIRAN 3 Tahapan Simulasi Satmaster Pro.....	62
LAMPIRAN 4 Kondisi Operasional Eb /No .....	66
LAMPIRAN 5 Contoh Hasil Perhitungan Link Budget Dengan Satmasater Pro Untuk Modulasi QPSK FEC 0,75.....	67

## DAFTAR ISTILAH

<b>Adaptive Cancellation</b>	Teknologi dasar carrier in carrier yang bekerja dengan membentuk frekuensi estimasi dan melakukan penghilangan sinyal dengan memisahkan frekuensi estimasi dari sinyal gabungan
<b>Adaptive Filter</b>	Filter yang bekerja dengan melakukan estimasi dari sinyal yang mengganggu dan memisahkan estimasi ini dari sinyal gabungan
<b>Adjacent Carrier Interference</b>	Interferensi antar carrier yang berdekatan
<b>Adjacent Satellite Interference</b>	Sinyal yang diterima pada antena penerima stasiun bumi tidak hanya berasal dari satelit yang digunakan, sinyal tersebut juga berasal dari satelit yang letaknya berdekatan dengan satelit yang digunakan. Sinyal inilah yang menyebabkan terjadinya interferensi antar satelit
<b>Antenna eff Gain %</b>	Perbandingan daya pancar suatu antena terhadap antena referensi (biasanya berupa antena isotropis) dengan daya masukan yang sama. efisiensi pada antena, secara umum menunjukkan 65 %
<b>Attenuator Setting</b>	Besaran yang menunjukkan perlemahan atau kehilangan energi sinyal
<b>Bandwidth</b>	Besarnya sebuah jalur komunikasi yang dapat dilihat dari selisih antara frekuensi tertinggi dengan frekuensi terendah
<b>Bandwidth Allocated</b>	Bandwidth yang dialokasikan pada transponder yang merupakan hasil kali <i>bandwidth occupied</i> dengan pengaruh factor <i>guard band</i> (20%)
<b>Bandwidth Limited</b>	Kondisi Link komunikasi satelit dimana kebutuhan bandwidth per carrier lebih besar dibanding power per carrier
<b>Bandwidth Occupied</b>	Bandwidth yang dibutuhkan per carrier

<b>BER</b>	Persentase error dari bit-bit yang mengalami error dari total bit yang ditransmisikan. Missal BER 10 pangkat minus 6, artinya dari 1000000 bit yang ditransmisikan ada 1 bit yang mengalami error
<b>Bit Rate</b>	Suatu ukuran kecepatan bit suatu data dari tempat satu ke tempat lain yang biasanya diukur dengan waktu seperti Kbps (Kilobit per second), Mbps (Megabit per second) dan seterusnya
<b>BPSK</b>	Modulasi Binary Phase Shift Keying, bit 1 dan 0 diberi beda fase $180^0$
<b>Broadband</b>	Menunjukkan sinyal dengan rentang frekuensi yang lebar, sehingga mampu menampung informasi yang lebih besar juga
<b>CAPEX</b>	Capital Expense, biaya capital/ modal misal biaya transponder, antenna dsb
<b>Carrier</b>	Frekuensi pembawa dengan frekuensi lebih besar dari sinyal informasi
<b>Carrier Spacing</b>	Jarak antar carrier untuk meminimalkan <i>Adjacent carrier Interference</i> .
<b>CnC</b>	Carrier In Carrier, teknologi baru yang mampu menerapkan dua buah carrier secara bersamaan untuk menempati spectrum frekuensi yang sama.
<b>C/N</b>	Perbandingan antara sinyal pembawa yang diterima oleh antena penerima dengan daya derau thermal sistem.
<b>Coding gain</b>	Ukuran selisih Sinyal to noise ratio (SNR) dari sistem yang dikodekan (code) terhadap sistem yang tidak dikodekan (uncode) pada BER yang sama

<b>Coupling Loss</b>	Secara umum nilai coupling loss berkisar 0,5 – 1,3 dB (tergantung pada konfigurasi stasiun bumi)
<b>Cross Polarization</b>	Polarisasi silang, sinyal yang terpolarisasi pada sumbu vertical dan horizontal
<b>Cross Polarization Interference</b>	Penggunaan cross polaritas dapat mengirimkan dua informasi pada sumbu vertikal dan horizontal dengan frekuensi yang sama. Isolasi antara dua polarisasi ini tidak sempurna dan sebagian sinyal bercampur dengan sinyal dengan polarisasi lain. Keadaan inilah yang menyebabkan terjadinya interferensi polarisasi silang
<b>Downlink</b>	Sinyal yang dipancarkan dari satelit menuju stasiun bumi. Misal pada C band menggunakan frekuensi 4 GHz
<b>Duplex</b>	Sinyal yang menempati 2 kanal yang berbeda frekuensi
<b>EiRP</b>	Equivalent Isotropically Radiated Power, daya keluaran perangkat pemancar stasiun bumi atau satelit yang ditransmisikan secara isotropik dan efektif dalam sistem komunikasi satelit
<b>FEC</b>	Forward Error Coding, sistem control kesalahan pada transmisi data dengan menambahkan bit-bit tertentu (redundancy) sebagai kode koreksi.
<b>FPGA</b>	Field Programmable Gate Array, rangkaian IC yang terprogram secara manufaktur sesuai dengan kebutuhan industry Frekuensi offset
<b>GEO</b>	Geostationer Earth Orbit, periode satelit sama dengan periode rotasi bumi (24 jam)
<b>G/T</b>	Parameter yang digunakan untuk menunjukkan performansi perangkat penerima satelit dan stasiun bumi penerima. Parameter G adalah <i>gain</i> antenna

penerima, dan parameter  $T$  adalah temperatur *noise* sistem penerima dan temperature *noise* antena.

<b>Ground Segment</b>	Bagian-bagian satelit dipermukaan bumi / stasiun bumi
<b>HPA</b>	High Power Amplifier, penguat daya Tinggi
<b>IBO</b>	Input Back off, menunjukkan penempatan titik kerja dibawah titik saturasi, yang masih berada pada kelinieran daerah kerja dari penguat transponder satelit.
<b>IF</b>	Intermediate Frequency, sinyal frekuensi menengah dengan frekuensi centernya sebesar 70 MHz
<b>Interferensi</b>	Gangguan dari sinyal akibat pelemahan dua buah sinyal atau lebih
<b>LEO</b>	Low Earth Orbit, Orbit ini berada pada ketinggian kurang dari 5000 km diatas permukaan bumi
<b>LNA</b>	Low Noise Amplifier, penguat sinyal derau rendah
<b>MEO</b>	Medium Earth Orbit, Ketinggian orbit ini rata-rata 5000–20.000 km dari permukaan bumi
<b>MODEM</b>	Modulator Demodulator
<b>OBO</b>	Output Back Off, menunjukan penempatan titik kerja dibawah titik saturasi, yang masih berada pada kelinieran daerah kerja dari penguat transponder satelit.
<b>OPEX</b>	Operational Expense, biaya operasional
<b>PAD</b>	Redaman transponder yang ditambahkan pada rapat daya densitas (PFD) yang diterima satelit
<b>PCMA</b>	Paired Carrier Multiple Access, teknologi

serupa dengan CnC

<b>PEB</b>	<i>Power</i> yang dialokasikan oleh sebuah <i>carrier</i> dalam setiap pemakaian <i>bandwidthnya</i> .
<b>PFD</b>	Besar daya yang dipancarkan suatu terminal dari bumi yang dapat diterima satelit
<b>Phase Locked Loop</b>	Sebuah sistem kontrol frekuensi yang memanfaatkan sensitivitas deteksi fasa antara sinyal input dan output dari sebuah rangkaian osilasi yang terkontrol.
<b>Power Limited</b>	Kondisi Link komunikasi satelit dimana kebutuhan <i>bandwidth per carrier</i> lebih kecil dibanding <i>power per carrier</i>
<b>PSD</b>	Power signal per unit <i>bandwidth</i>
<b>PSD ratio</b>	Selisih <i>power carrier</i> per unit <i>bandwidth</i> dari dua buah <i>carrier</i>
<b>PSK</b>	Phase Shift Keying, Sinyal informasi direpresentasikan dalam perubahan phase gelombang pembawa
<b>QAM</b>	Quadrature Amplitude Modulation, sebuah skema modulasi yang membawa data dengan mengubah (memodulasi) amplitudo dari dua gelombang pembawa. Kedua gelombang tersebut, biasanya sinusoid, berbeda fase dengan yang lainnya sebesar 90 ° dan oleh karena itu disebut pembawa-quadrature.
<b>QPSK</b>	Quadrature Phase Shift Keying,
<b>Repeater</b>	Pengulang
<b>RF</b>	Radio frequency , frekuensi tinggi GHz
<b>Roll off Faktor</b>	Bandwidth dari suatu filter relative terhadap nyquist bandwidth $F/2$ , dimana F adalah symbol rate. Contoh roll of factor 0,5 menunjukkan bandwidth 50 % lebih besar dibanding nyquist bandwidth

Universitas Indonesia

<b>Round Trip Delay</b>	Delay bolak balik satu perjalanan dari saat sinyal dipancarkan (uplink) hingga sinyal diterima kembali (downlink)
<b>SCPC</b>	Single Carrier Per Channel, metode akses bersama yang membagi suatu lebar pita menjadi kanal komunikasi yang mempunyai sinyal pembawa yang berbeda-beda
<b>SFD</b>	Rapat daya maksimum yang diterima oleh antenna satelit dari stasiun bumi yang menghasilkan nilai EIRP saturasi dari sistem satelit
<b>Site Latitude</b>	Posisi Garis Lintang Stasiun Bumi
<b>Site Longitude</b>	Posisi Garis Bujur Stasiun Bumi
<b>Space Segment</b>	Bagian-bagian satelit di angkasa,
<b>Surface Temperature</b>	Kondisi suhu permukaan bumi, secara umum pada temperature normal 25 derajat celcius
<b>TPC</b>	<i>Turbo Product Code</i>
<b>Uplink</b>	Sinyal yang dipancarkan dari stasiun bumi ke satelit. Misal pada C band menggunakan frekuensi 6 GHz
<b>Vapour Density</b>	Factor kelembaban

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Peranan satelit komunikasi sangat strategis untuk Indonesia yang terbentang luas dan terdiri dari puluhan ribu pulau, karena dengan satu satelit seluruh wilayah Indonesia bisa tercakup kedalam suatu layanan komunikasi. Harus diakui beberapa daerah di Indonesia, memerlukan perhatian khusus dibidang perkembangan teknologi dan informasi. Tren perkembangan komunikasi *broadband* data dan *voice* yang berkembang kini merupakan wujud perkembangan yang cepat dari komunikasi satelit. Perkembangan tersebut akan diiringi dengan perkembangan jumlah data yang dapat ditransmisikan dan kecepatan transfer data yang tinggi. Sehingga muncul ide dan motivasi untuk mengoptimalkan kapasitas data yang dapat ditransmisikan melalui satelit.

Sayangnya, beragam perkembangan tersebut menuntut pengembangan pada sisi transponder. Sedangkan kita ketahui, transponder merupakan bagian yang paling vital dan memiliki biaya / *cost* yang sangat mahal. Biaya transponder ditentukan oleh penggunaan lebar pita (*bandwidth*) dan daya (*power*) [1]. Dua hal tersebut merupakan kebutuhan utama dalam komunikasi satelit akan diulas lebih lanjut. Dengan demikian transponder merupakan bagian dari sistem komunikasi satelit yang secara langsung akan berdampak pada *kontinuitas* dan *profit* suatu layanan yang berbasis satelit

*Bandwidth* sebagai sumber daya telekomunikasi yang terbatas secara tidak langsung akan membatasi layanan satelit. Karena pada sistem komunikasi satelit, masing-masing stasiun bumi menerima dan mentransmisikan sinyal informasi dari dan ke stasiun bumi lainnya melalui transponder sebagai *repeater* utama. Masing-masing mentransmisikan dengan frekuensi *uplink* tertentu (untuk C band, frekuensi *uplink* 6 GHz) dan menerima sinyal dengan frekuensi yang berbeda (untuk C band, frekuensi *downlink* 4 GHz) sehingga sistem komunikasi *duplex* (dua arah) memerlukan dua kanal *bandwidth* dalam link komunikasi satelit. Transponder inilah yang memungkinkan terjadi mekanisme transfer data secara *LOS* baik *uplink* ataupun *downlink*. Transponder kemudian membaginya kedalam

12-24 bagian atau lebih yang berfungsi untuk memancarkan dan menerima signal. Oleh karena itu, keterbatasan bandwidth (*bandwidth limited*) akan membatasi jumlah stasiun bumi yang terkoneksi pada satelit.

*Power* pada transponder juga berpengaruh pada keterbatasan layanan. Kita ketahui satelit generasi terbaru **TELKOM -2** mempunyai power yang cukup tinggi pun (EiRP 43 dBW) akan membagi persentase *power*nya pada beberapa buah carrier data. Kondisi demikian disebut *power limited*.

Berbagai cara dilakukan untuk mencari alternatif baru guna menekan biaya yang relatif sangat mahal tersebut. Bagian transponder merupakan bagian yang *fix* sehingga cukup susah untuk melakukan kompresi biaya. Namun pada tahun-tahun terakhir ini, cukup mengejutkan dalam dunia komunikasi dengan ditemukannya modem *Double Talk Carrier In Carrier* atau *CnC*. Modem *CnC* mampu menghemat *bandwidth* dengan melewati dua carrier secara bersamaan menempati spektrum frekuensi yang sama. Normalnya hal ini akan bersifat merusak (*interferensi signal*). Sebagai perbandingan, standar carrier harus menempati posisi spectrum frekuensi yang *non-overlapping* [2], atau tidak ada carrier lain yang menempati spektrum yang sama. Dengan *CnC* hasilnya mampu menghemat *bandwidth* hingga 50 persen (secara teoritis). Suatu keuntungan yang luar biasa bagi operator satelit. Namun untuk memperoleh hasil yang optimal, maka utilisasi *bandwidth* dan *power* harus seimbang atau sesuai dengan prinsip *management transponder*.

Kenyataan dalam *management transponder* terdapat *trade off* antara penggunaan modulasi (yang berdampak pada utilisasi *bandwidth*) dan coding /Forward Error Correction (yang berdampak pada utilisasi *power*) [1]. Skema coding FEC yaitu *Turbo Product Code* (TPC) dan *Low Density Product Code* (LDPC) dapat meningkatkan reliabilitas link karena membutuhkan power yang lebih kecil dibandingkan dengan *Viterbi Reed Solomon*, dan *Trellis Code Modulation* (TCM). Sebaliknya skema modulasi tinggi (high order modulation) seperti 8-PSK dan 16 QAM, dapat meningkatkan throughput data tanpa memperbesar *bandwidth*, namun berdampak pada meningkatnya kebutuhan *power* secara signifikan.

Hal lain yang perlu dipertimbangkan dalam manajemen transponder adalah penggunaan diameter antena. Semakin besar antena, maka gain semakin tinggi sehingga konsumsi power transponder semakin kecil. Tetapi penggunaan antena diameter besar tidak selalu bisa diaplikasikan karena membutuhkan investasi sangat besar.

Untuk itulah perlu dikaji secara lebih jauh tentang pengoptimalan dari utilisasi sumber daya telekomunikasi ( bandwidth) tersebut yang melibatkan implementasi teknologi Carrier in Carrier (CnC), modulasi, coding, dan diameter antena. **PT. TELKOM** Indonesia telah mengembangkan dan mengimplementasi teknologi Carrier in Carrier (CnC) diantaranya pada link komunikasi satelit Makassar – Jayapura dengan sistem akses SCPC. Untuk mendukung kebutuhan broadband data dan *voice* pada link tersebut maka, pemilihan dan penggunaan CnC, Modulasi dan Coding yang tepat akan berpengaruh pada hasil pengoptimalan bandwidth dan *reliabilitas link* yang maksimal.

## **1.2 Ruang Lingkup Permasalahan**

Dari identifikasi di atas diperoleh rumusan masalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana mengukur tingkat efisiensi *bandwidth* pada link komunikasi satelit Makassar –Jayapura yang melibatkan variabel modem CnC, Modulasi, dan Coding.
- b. Bagaimana pengaruh dan keterkaitan modem CnC, Modulasi, dan Coding terhadap dampak layanan satelit

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis peningkatan kapasitas *bandwidth* satelit menggunakan teknologi modem Carrier in Carrier untuk mendukung komunikasi *broadband* data dan *voice* pada link komunikasi satelit Makassar - Jayapura, dengan menggunakan software samaster pro ( untuk perhitungan utilisasi *bandwidth* dan *power* tersebut).

## **1.4 Batasan Masalah**

Dengan maksud agar penelitian ini menjadi lebih terarah serta dengan dukungan data yang tersedia, maka ruang lingkup penulisan dibatasi sebagai berikut :

- a. Obyek penelitian adalah Satelit **Telkom -2 ( T-2)** dengan menggunakan frekuensi C band (4 – 6 GHz).
- b. System akses **SCPC (Single Carrier Per Channel)** pada Link komunikasi satelit **Makassar – Jayapura**. Pemilihan SCPC karena sistem yang relatif sederhana , mudah dan handal serta sangat mudah dikonfigurasi pada daerah jauh (*remote area*). Selain itu aplikasi SCPC sangat diharapkan untuk mendukung tren komunikasi *broadband* data dan *voice* seperti komunikasi suara, video conference, kecepatan transfer data yang tinggi.
- c. Penggunaan antena stasiun bumi 3,8 m untuk Makassar dan 5 m untuk Jayapura dengan *data rate* 2,048 MHz (Link bersifat simetris)
- d. Perbandingan terhadap variable modulasi **QPSK, 8PSK, QAM** dengan masing – masing coding **Turbo Code FEC 0,75 dan 0,875**
- e. Perhitungan *link budget* dengan menggunakan **Software Satmaster Pro** hanya untuk mendapatkan berapa persen penggunaan bandwidth (**% utility bandwidth**) dan *power* (**% utility power**) **per carrier** dalam satu transponder. Perhitungan tersebut tanpa melibatkan nilai C/No, karena secara teknis penggunaan CnC sebagaimana telah diimplementasikan oleh pihak TELKOM tidak berpengaruh terhadap kualitas layanan satelit.
- f. Selanjutnya membandingkan tingkat kapasitas E1 (transponder) pada penggunaan CnC terhadap kebutuhan implementasi CnC link komunikasi satelit Makassar – Jayapura. Adapun kebutuhan normal (tanpa penggunaan CnC) tersebut 58 E1 untuk keperluan SLJJ, Telkomsel, dan Data. Dengan asumsi tersebut maka kebutuhan bandwidth transponder adalah sebesar  $58 \times 2 \text{ MHz} = \mathbf{116 \text{ MHz}}$  atau setara dengan **3,2 Transponder**.

## 1.5 Metodologi Penulisan

Penelitian ini pada prinsipnya hanya mengukur dari sudut pandang pengguna layanan teknologi CnC. Untuk mendapatkan data mengenai pengukuran ini penulis melakukan survei dan diskusi pada pihak terkait yaitu, PT Telkom Indonesia dan PT. PSN (Pasifik Satelit Nusantara). Dalam melakukan penelitian ini, diawali dengan identifikasi masalah, kemudian dilanjutkan dengan tahapan – tahapan berikut :

### 1. Tahap pengumpulan data

Metoda pengumpulan data sangat penting dalam membantu penyusunan laporan penelitian, karena dengan menggunakan metoda yang dirancang dan direncanakan dengan baik, diharapkan akan memudahkan dalam proses penyusunan laporan penelitian. Metoda pengumpulan data untuk penelitian ini dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Studi Pustaka, dilakukan untuk mendapatkan konsep-konsep teoritis dan informasi-informasi lain yang dapat mendukung penelitian. Studi pustaka merujuk pada jurnal-jurnal, buku teks dan artikel-artikel yang menunjang pada penelitian yang dilakukan.
- b. Melakukan pengamatan dan pengambilan data lapangan yang akan diolah untuk menunjang penelitian
- c. Melakukan kajian / diskusi secara langsung terhadap pihak operasional layanan satelit

### 2. Tahap Analisis

Analisis dilakukan terhadap data – data yang telah dikumpulkan, untuk kemudian dijadikan dasar perhitungan tingkat efisiensi menggunakan software satmaster Pro.

## **1.7 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan pada skripsi ini disusun sebagai berikut :

### **BAB1 Pendahuluan**

Menjelaskan latar belakang, tujuan, ruang lingkup permasalahan, batasan masalah, dan sistematika penulisan

### **BAB 2 Carrier In Carrier (CnC) pada Sistem Komunikasi Satelit**

Menjelaskan dasar teori dan data lapangan terhadap teknologi satelit modem Carrier In Carrier ( CnC) , kinerja dan manfaat modem CnC terhadap sistem komunikasi satelit serta hal lain yang terkait seperti *bandwith*, transponder, SCPC, *interferensi*, modulasi, *coding*.

### **BAB 3 Analisis Perhitungan Link Budget Sistem Komunikasi Satelit Makassar – Jayapura**

Menjelaskan tahapan perhitungan *link budget* dengan menggunakan software satmaster pro, menganalisis hasil perhitungan link budget ( % penggunaan bandwidth dan power per carrier) dan membandingkannya dengan tanpa penggunaan CnC (metode konvensional).

### **BAB 4 Kesimpulan**

Memberikan kesimpulan dari pembahasan CnC secara teknologi sebagai upaya pengoptimalan utilisasi *bandwidth* link Makassar - Jayapura

## BAB II

### Sistem Carrier In Carrier (CnC) pada Sistem Komunikasi Satelit

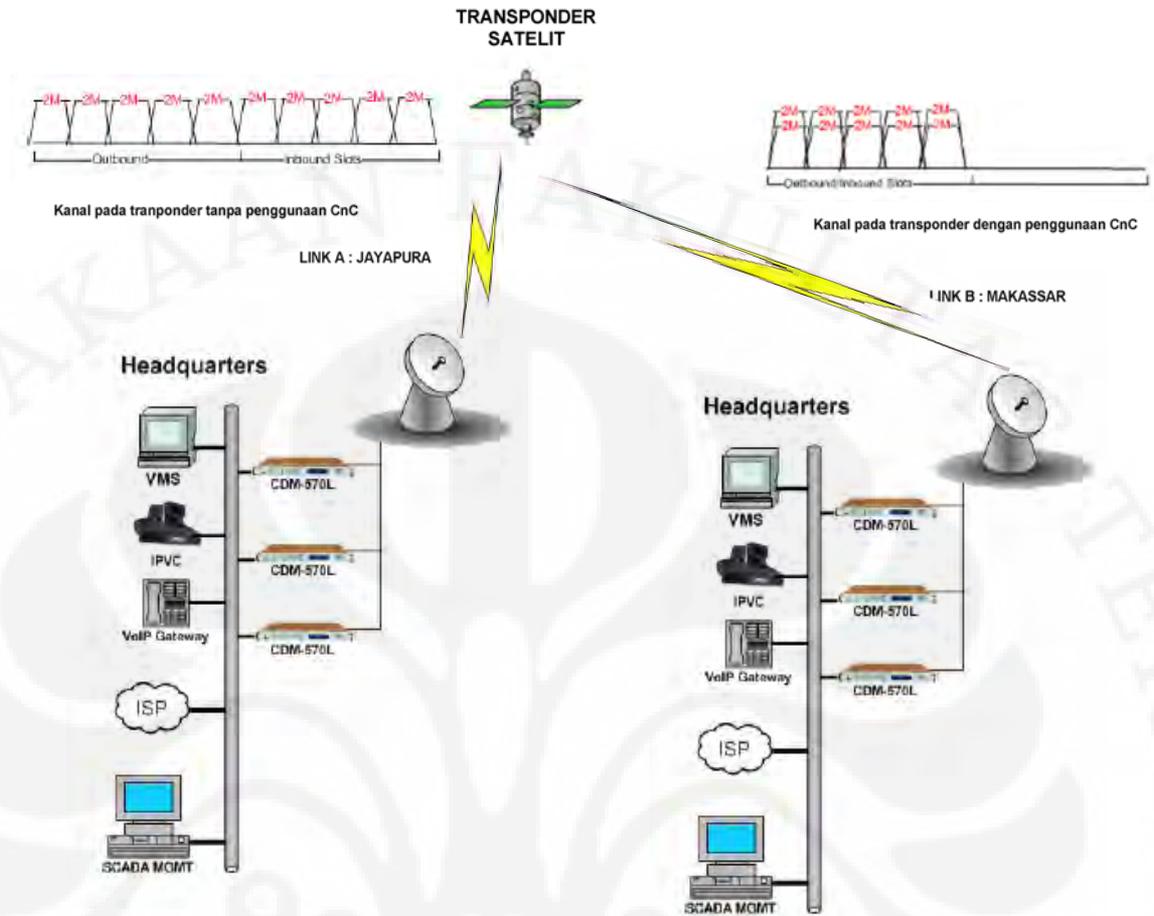
#### 2.1 Sistem Komunikasi Satelit link Makassar – Jayapura

Pada awal tahun 2008, PT. TELKOM telah mengimplementasi teknologi carrier in carrier (CnC) pada link Makassar – Jayapura. Dengan target untuk memenuhi dan mendukung kemajuan teknologi *broadband* data dan *voice*. Pada link Makassar – Jayapura yang dalam perencanaannya akan mengoperasikan 58 E1. Kebutuhan 58 E1 tersebut untuk keperluan SLJJ, Telkomsel, dan Data. Dengan asumsi tersebut maka kebutuhan *bandwidth* transponder adalah sebesar  $58 \times 2 \text{ MHz} = 116 \text{ MHz}$  atau setara dengan 3,2 Transponder.

Rencana implementasi CnC pada link Makassar – Jayapura adalah sebagai berikut :

- a) Menggunakan modem existing (CDM -600) yang dioperasikan dengan datarate 2,048 MHz secara simetris pada stasiun bumi Jayapura maupun Makassar
- b) CnC diimplementasikan dengan menambahkan perangkat CLO (Link Optimizer) dengan kapasitas maksimum 10 MHz per CLO
- c) Menggunakan modulasi QPSK, 8-PSK, QAM (FEC 0,75 dan 0,875) untuk membandingkan tingkat efisiensi link dan transponder
- d) Menggunakan satelit dengan EIRP minimum 41 dBW.

Pada Gambar 2.1 secara sederhana menggambarkan konfigurasi pengimplementasian CnC pada link komunikasi Makassar – Jayapura dengan metode akses SCPC *point to point*.



**Gambar 2.1 :** Konfigurasi Implementasi CnC Link Komunikasi Makassar – Jayapura [3]

## 2.2 Sistem Carrier in Carrier

### 2.2.1 Gambaran Umum Carrier in Carrier (CnC)

*Double Talk Carrier in Carrier* didesain untuk mengkompres *bandwidth*, *carrier in carrier* menggunakan teknologi ***adaptive cancellation***, teknologi patent baru yang mampu menghemat *bandwidth* dengan melewati dua *carrier* secara bersama-sama menempati spectrum frekuensi yang sama. Normalnya hal ini akan bersifat merusak (*interferensi signal*). Sebagai perbandingan, standar *carrier* harus menempati posisi spectrum frekuensi yang non overlapping, atau tidak ada *carrier* lain yang menempati spectrum yang sama. Dengan CnC hasilnya mampu menghemat *bandwidth* hingga 50 persen tergantung pada kombinasi modulasi dan

FEC yang digunakan. Tidak hanya itu saja CnC juga memiliki keuntungan lainnya yaitu :

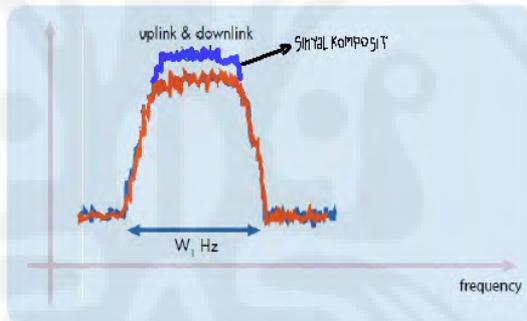
1. Mengurangi biaya operasi / *Operating Expense* (OPEX)
2. Mengurangi biaya modal total / *Capital Expense* (CAPEX) dengan menggunakan BUC / HPA yang kecil, antenna
3. Meningkatkan *throughput* tanpa perlu penambahan resource transponder
4. Meningkatkan *availability* tanpa perlu penambahan resource transponder
5. Dapat dikombinasikan dengan modulasi atau FEC tertentu untuk menghasilkan output yang diinginkan (*bandwith limited* atau *power limited*)

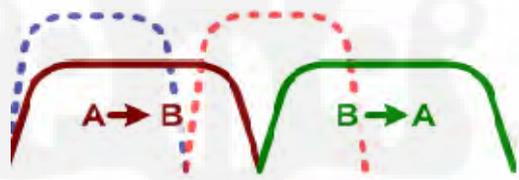
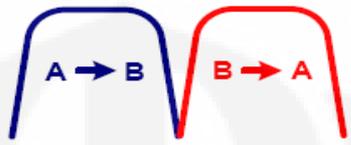
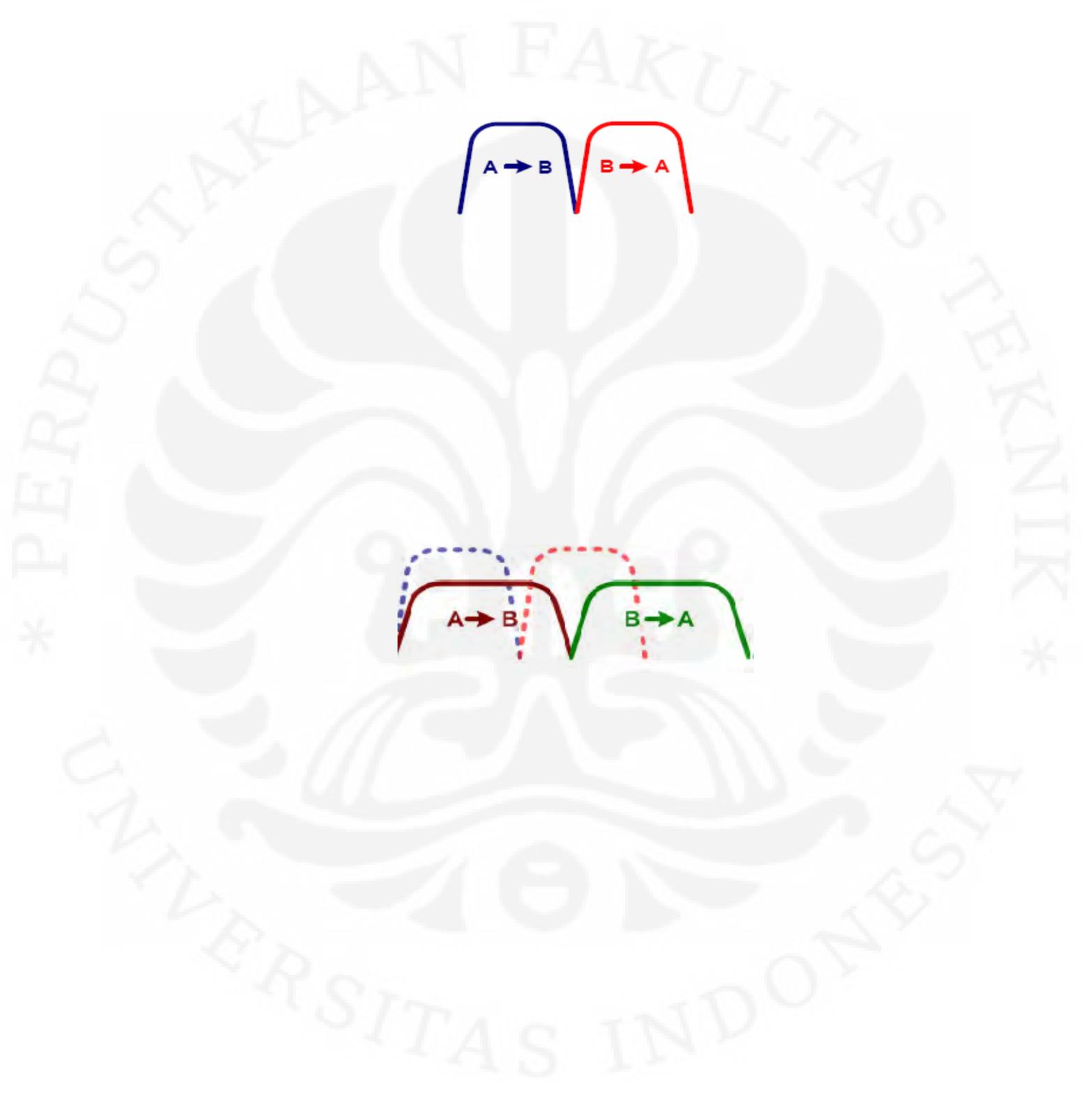
#### 4.1.1.1.1 Dengan mempertimbangkan syarat penggunaan CnC [1]

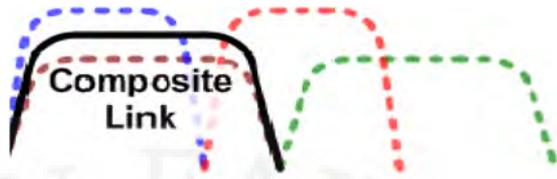
yaitu :

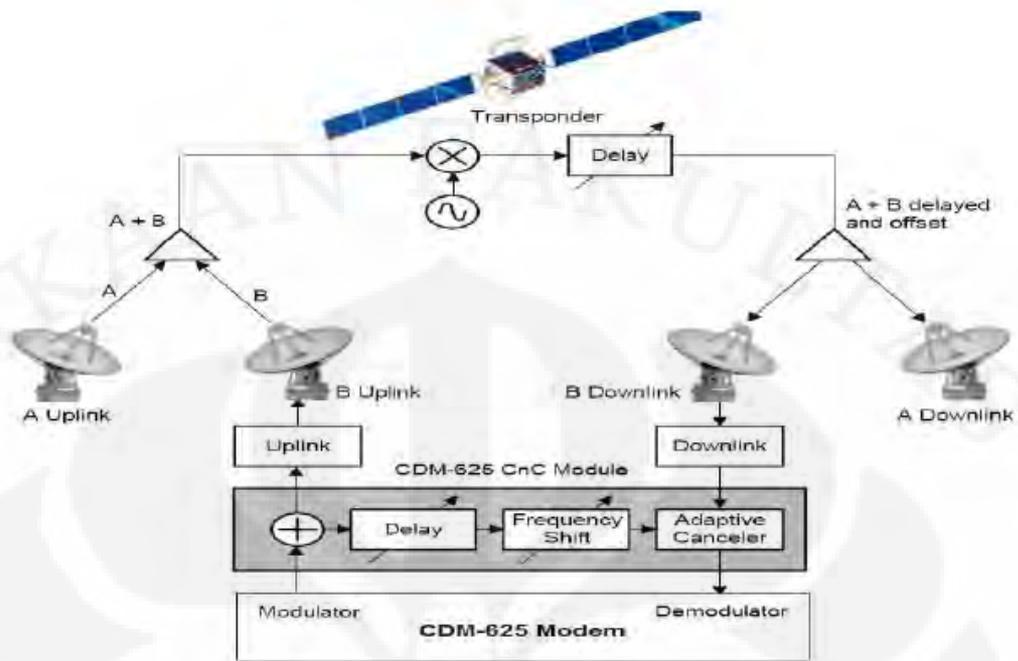
- a) kedua stasiun bumi harus berada pada footprint satelit yang sama agar dapat carrier sendiri (tidak cross transponder)
- b) link harus dalam kondisi BW limited. Untuk hasil maksimum , kebutuhan power harus 50 % dari kebutuhan bandwidth, sehingga saat carrier digabungkan menjadi balance (seimbang). Pada simulasi ini akan dibuktikan pemenuhan syarat tsb.
- c) CnC carrier dioperasikan berpasangan
- d) CnC dioperasikan menggunakan Modem, bukan modulator saja atau demodulator saja
- e) Minimum symbol rate adalah 128 kbps
- f) Minimal *occupied bandwidth* 150 kHz
- g) Ketidaksimetrian power tidak boleh melebihi 10 dB
- h) Direkomendasikan menggunakan Automatic Uplink Power Control (AUPC) untuk menjaga level power +/-5 dB pada saat kondisi hujan , untuk menjaga degradasi Eb/ No s.d 0,2 Db

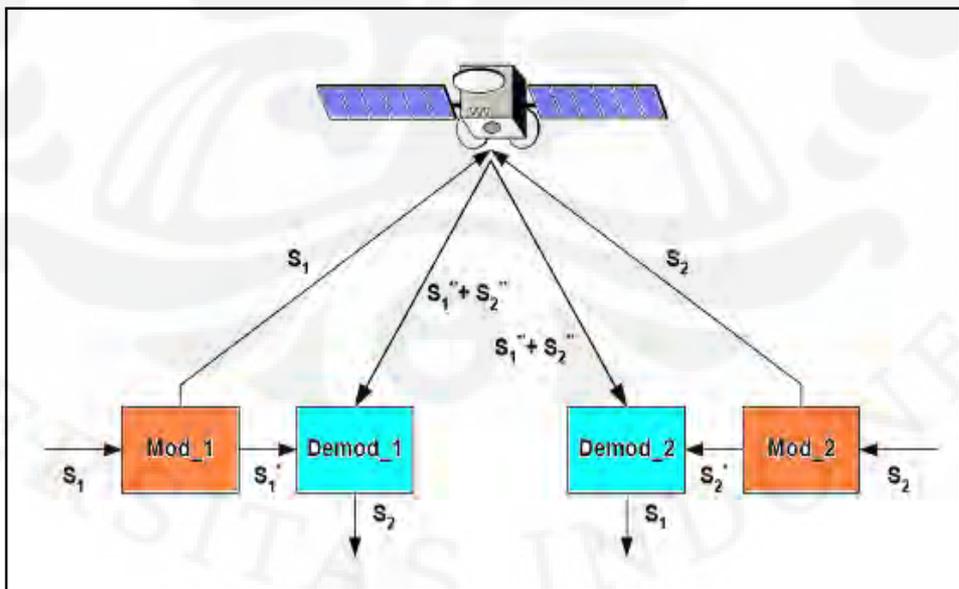
Berikut pengamatan pada spectrum analyzer dua buah *carrier* akses Single Carrier Per Channel (SCPC) tanpa penggunaan CnC

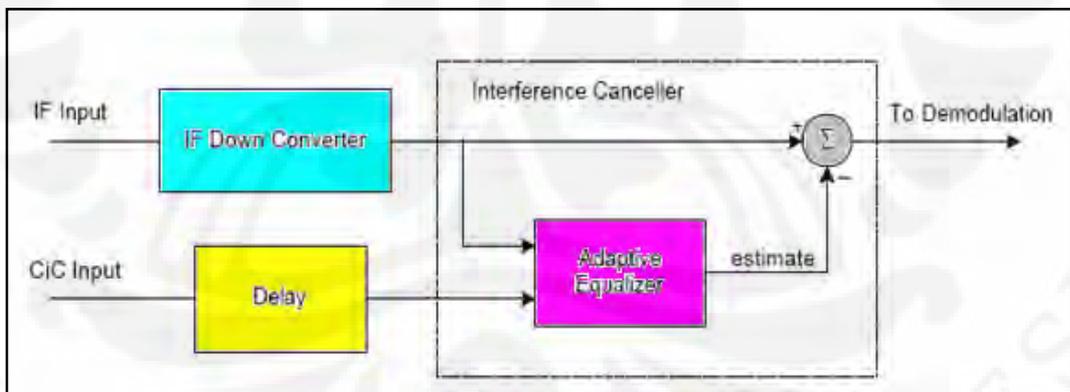




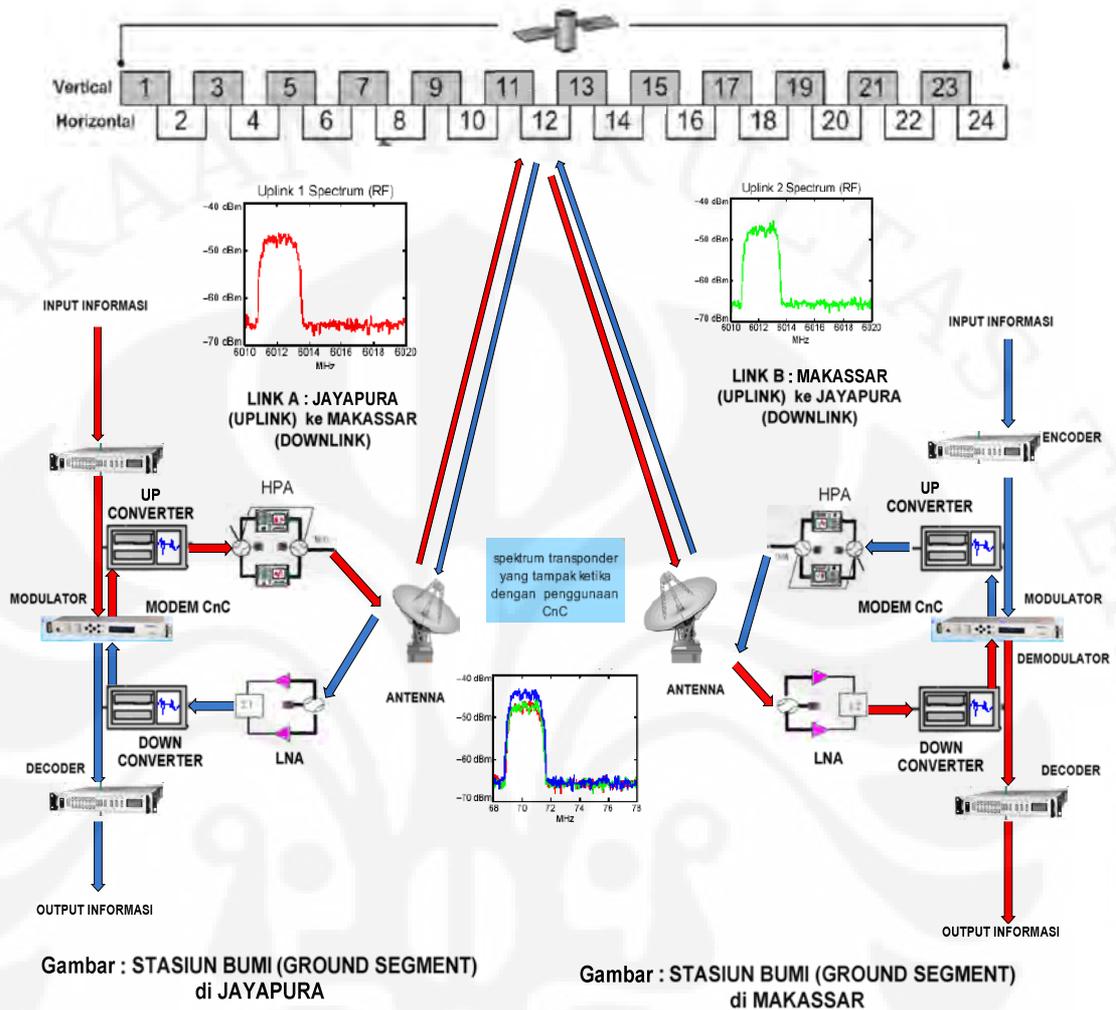








### 2.2.3 Konfigurasi CnC pada Sistem Komunikasi Satelit



**Gambar 2.10 :** Full Duplex Link dengan Penggunaan CnC

Pada gambar 2.10 menunjukkan konfigurasi link dupleks (dua arah) penggunaan CnC dalam sistem komunikasi satelit dengan metode akses SCPC. Terlihat modem CnC terletak antara modem (modulator dan demodulator) dan penguat sinyal (LNA dan HPA). Penjelasan secara teknis modem CnC hanya berfungsi menumpuk dua buah *carrier* tanpa *interferensi* sinyal dan tidak berpengaruh terhadap kualitas jaringan, bandwidth ataupun powernya [4]. Secara umum konfigurasi link komunikasi satelit terdiri dari dua bagian yaitu *space segment* dan *ground segment*.

### 2.2.4.1 Space Segment

#### A. Transponder

Satelit mempunyai beberapa transponder, transponder adalah peralatan yang berfungsi menerima sinyal, memperkuat frekuensinya dan memancarkan kembali sinyal yang diterimanya dengan kata lain bahwa transponder adalah bagian dari satelit yang berfungsi sebagai sarana komunikasi dari dan ke bumi. Secara terperinci fungsi dari transponder adalah :

- a) Menerima sinyal dari stasiun bumi
- b) Merubah frekuensi sinyal informasi
- c) Memancarkan kembali sinyal ke bumi
- d) Memperkuat sinyal, hal ini dilakukan karena sinyal dari bumi *uplink* 5.9 GHz – 6.4 GHz, termasuk dalam C – Band, setelah melalui transmisi angkasa yang jauh menjadi lemah.

Setiap transponder di satelit mempunyai lebar frekuensi (bandwidth) sendiri sesuai dengan kebutuhannya setiap bandwidth dari transponder ini dapat dimanfaatkan tergantung dari stasiun bumi yang mengolahnya, misalnya transponder untuk saluran TV berwarna, transponder untuk transmisi data, untuk kanal pembicaraan dan sebagainya.

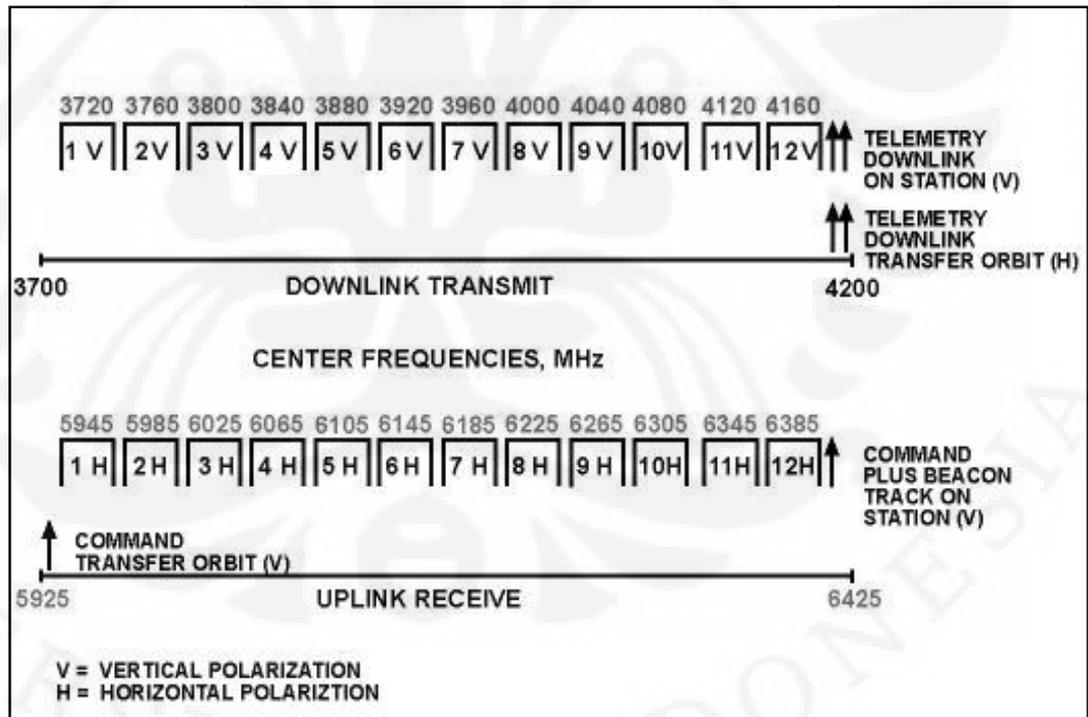
Transponder-transponder pada satelit selain memiliki bandwidth tertentu, biasanya hampir kebanyakan satelit komunikasi mempunyai deretan 12 transponder horizontal dan 12 transponder vertikal. Oleh karena itu setiap antena penerima pada stasiun bumi harus mengatur polarisasi dan posisinya agar sesuai dengan transponder yang telah ditentukan.

Daerah frekuensi yang biasa dipakai dalam komunikasi satelit di Indonesia adalah C-Band dengan range frekuensi antara 3,700 – 6,425 GHz.

Untuk hubungan ke satelit (*uplink*) digunakan frekuensi antara 5,925 – 6,425 GHz. Sedangkan untuk hubungan ke bumi (*downlink*) digunakan frekuensi antara 3,700 – 4,200 GHz.

### Alokasi Transponder

Pada paragraf di atas telah dikatakan bahwa dalam sistem komunikasi satelit yang menggunakan C – Band yang mempunyai range frekuensi untuk *uplink* adalah 5,925 – 6,425 GHz dan pada saat transponder ini melakukan transmit ke stasiun bumi, transponder ini telah merubah frekuensinya menjadi 3,700 – 4,200 GHz. Sebuah transponder dapat digunakan hanya oleh sebuah stasiun bumi saja maupun oleh beberapa remote sekaligus. Sebagai contoh, transponder 01-H yang mempunyai range 3,702 – 3,712 MHz dapat dipergunakan oleh 3 stasiun bumi, dimana stasiun A mempunyai wilayah 3,702 – 3,712 MHz, stasiun bumi B 3,714 – 3,720 MHz dan stasiun bumi C 3,725 – 3,738 MHz sesuai dengan kapasitas bandwidth dan besar bandwidth yang dipergunakan oleh remote stasiun tersebut. Gambar 2.16 secara garis besar menggambarkan penggunaan frekuensi C band transponder satelit.



**Gambar 2.11 :** Frekuensi Plan Satelit Komunikasi C Band [7]

### 2.2.4.2 Ground Segment

Pada bagian ground segment (stasiun bumi) dari dua lokasi yaitu stasiun bumi di Jayapura dan Makassar. Masing-masing stasiun bumi terdiri dari dua bagian yaitu perangkat pemancar dan perangkat penerima sinyal. Terlihat pada gambar 2.10, modem CnC berfungsi sebagai modulator dan demodulator.

#### 2.2.4.2.1 Stasiun Pemancar

Perangkat pemancar ini terdiri atas:

##### A. Antenna

Antena adalah suatu piranti yang digunakan untuk merambatkan dan menerima gelombang radio atau elektromagnetik. Pemancaran merupakan satu proses perpindahan gelombang radio atau elektromagnetik dari saluran transmisi ke ruang bebas melalui antena pemancar. Sedangkan penerimaan adalah satu proses penerimaan gelombang radio atau elektromagnetik dari ruang bebas melalui antena penerima. Karena merupakan perangkat perantara antara saluran transmisi dan udara, maka antena harus mempunyai sifat yang sesuai (*match*) dengan saluran pencatunya.

##### B. Encoder

*Encoder* adalah suatu alat yang berfungsi mengolah sinyal analog kedalam bentuk sinyal digital dengan sistem PCM (*Pulse Code Modulation*).

##### C. Modulator,

Modulator berfungsi dalam proses modulasi (proses translasi sinyal baseband ke sinyal frekuensi *intermediate*). Dengan modulasi berarti sinyal informasi ditumpangkan pada sinyal pembawa yang memiliki frekuensi lebih tinggi sehingga dapat mencapai jarak yang lebih jauh.

#### **D. Up Converter**

Perangkat yang berfungsi untuk mengubah sinyal IF (*Intermediate Frequency*) menjadi sinyal RF (*Radio Frequency*). Misalnya sinyal IF 70 MHz keluar dari perangkat modulator menjadi sinyal RF 6 GHz.

#### **E. High Power Amplifier (HPA)**

HPA berfungsi untuk memperbesar daya sinyal (penguat sinyal frekuensi tinggi) yang akan dipancarkan ke satelit. Posisi satelit berada pada orbit geostasioner, 36.000 km dari permukaan bumi, tegak lurus. Jarak stasiun bumi ke satelit lebih jauh lagi, sehingga sinyal yang dipancarkan dari stasiun bumi akan tiba di satelit dengan arah yang rendah. Oleh karena itu sebelum ditransmisikan ke satelit diperlukan perangkat penguat sinyal.

#### **2.2.4.2.2 Stasiun Penerima**

Perangkat ini terdiri atas:

##### **A. Low Noise Amplifier (LNA)**

Perangkat LNA ini berfungsi menerima sinyal dari satelit dengan menekan *noise* sekecil mungkin dan melakukan penguatan terhadap sinyal tersebut.

##### **B. Down Converter**

Cara kerja *downconverter* berlawanan dengan *up converter*, yaitu berfungsi untuk mengolah sinyal RF (*Radio Frequency*) yang dipancarkan dari satelit menjadi sinyal IF (*Intermediate Frequency*).

##### **C. Demodulator**

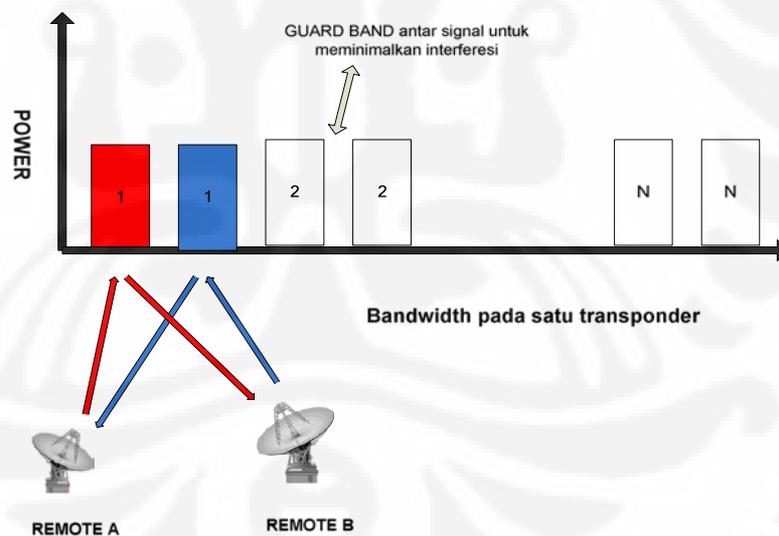
Demodulator berfungsi untuk melakukan proses demodulasi, yaitu mengembalikan sinyal IF (*Intermediate Frequency*) kembali ke bentuk sinyal pita dasarnya.

#### D. Decoder

Fungsinya berlawanan dengan encoder, yaitu berfungsi mengubah sinyal digital menjadi sinyal analog dengan PCM (*Pulse Code Modulation*).

### 2.2 Sistem Akses SCPC (Single Channel Per Carrier )

SCPC merupakan metode akses bersama yang membagi suatu lebar pita menjadi kanal komunikasi yang mempunyai sinyal pembawa yang berbeda-beda. Metode akses ini mengalokasikan setiap lebar kanal dari sebuah kanal komunikasi. Metode SCPC merupakan bagian dari metode akses FDMA (Frequency Division Multiple Access) dimana melewatkan satu sinyal informasi pada satu carrier. SCPC juga dikenal dengan metode two way (dua arah) bandwidth hingga 155 Mbps , yang menggunakan operasi duplex (sepasang kanal). Hubungan dari satu remote ke remote lain mempergunakan dua kanal komunikasi. Sehingga sebuah jaringan dengan jumlah remote N buah membutuhkan  $2N$  kanal komunikasi seperti terlihat pada gambar 2.12.



**Gambar 2.12 :** FDMA, SCPC Kanal Yang Berbeda Menempati Frekuensi Yang Berbeda [8]

SCPC dapat diterapkan dengan point to point, point to multipoint dengan kelebihan sebagai berikut :

- *Simple and Reliable* yaitu sederhana dan handal
- Jaminan bandwidth untuk setiap data yang ditransmisikan

- Mendukung data Symmetric dan asymmetric dengan *data rate* Hingga 155 Mbps
- Kemudahan konfigurasi jaringan
- Mudah pengimplementasian
- Terhitung murah dari segi peralatan ( *low cost equipment* )
- Kemudahan untuk menambah stasiun bumi

Dengan kondisi demikian SCPC dapat dengan mudah diterapkan untuk daerah terpencil dan mendukung kualitas data yang handal. Sedangkan kerugiannya yaitu : penggunaan frekuensi pembawa yang kontinu, dan harga sewa yang mahal. Adapaun secara umum SCPC diterapkan untuk keperluan penting sbb :

- Transmisi suara
- *Office application* dan email
- Transfer *data rate* rendah hingga tingkat tinggi
- Mendukung teknologi berbasis IP (VoIP, Video conference, emails dsb ).

## 2.3 Modulasi

Modulasi adalah proses penumpangan sinyal informasi ke sinyal pembawa (*carrier*). Ada tiga macam modulasi digital yang umum dipakai sekarang, yaitu *amplitude shift keying* (ASK), *frequency shift keying* (FSK), dan *phase shift keying* (PSK). Untuk selanjutnya penjelasan akan lebih terperinci mengenai modulasi 8PSK, QPSK, dan QAM., karena merupakan jenis modulasi yang umum digunakan untuk komunikasi satelit.

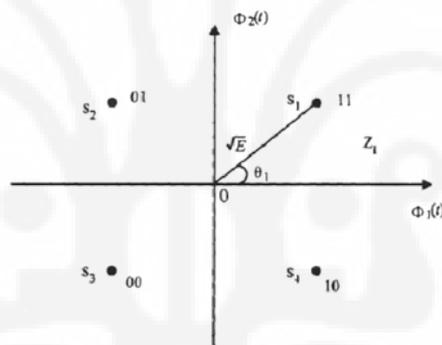
### 2.3.1 Modulasi QPSK

QPSK merupakan salah satu jenis dari modulasi M-ary PSK, yaitu dengan  $M=4$ . M-ary PSK itu sendiri pada dasarnya dikembangkan dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi *bandwidth* dari suatu saluran, dimana semakin besar nilai M maka semakin besar juga penambahan dari efisiensi *bandwidth*.

$$n = \log_2 M$$

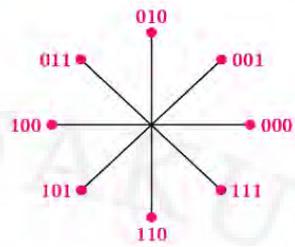
Dibit	Phase $\theta_i$	$s_{i1} = \sqrt{E} \cos \theta_i$	$s_{i2} = \sqrt{E} \sin \theta_i$
11	$\pi/4$	$+\sqrt{E/2}$	$+\sqrt{E/2}$
01	$3\pi/4$	$-\sqrt{E/2}$	$+\sqrt{E/2}$
00	$-3\pi/4$	$-\sqrt{E/2}$	$-\sqrt{E/2}$
10	$-\pi/4$	$+\sqrt{E/2}$	$-\sqrt{E/2}$

Tabel 2.1. Koordinat dari sinyal QPSK

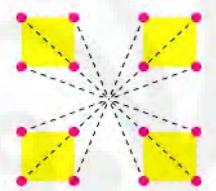


Gambar 2.13 : Konstelasi sinyal QPSK

Tribit	Phase
000	0
001	45
010	90
011	135
100	180
101	225
110	270
111	315

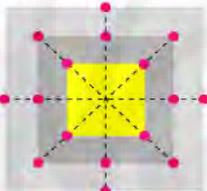


3 amplitudes, 12 phases



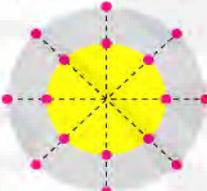
16-QAM

4 amplitudes, 8 phases

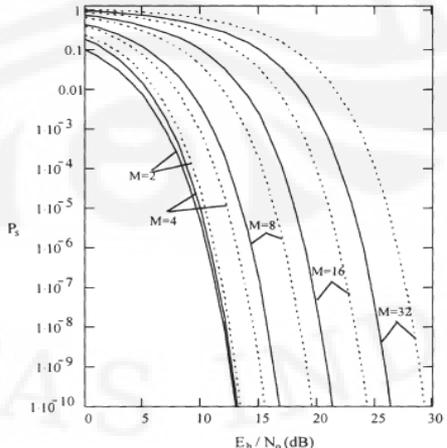


16-QAM

2 amplitudes, 8 phases

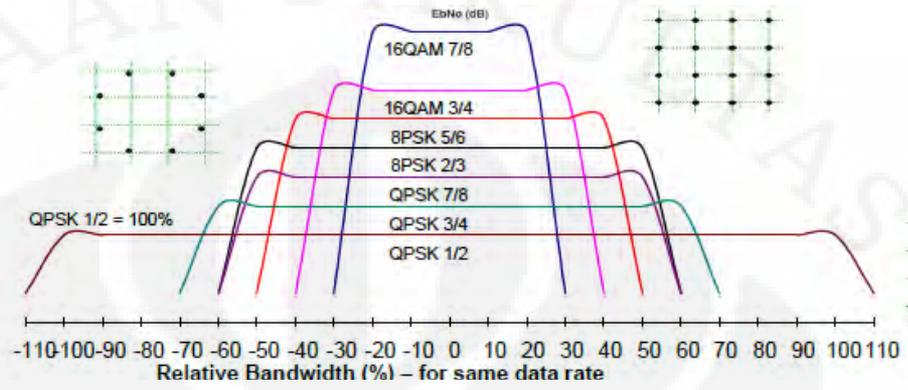


16-QAM






$$B = \frac{(1+\alpha)R}{m.FEC}$$



$$PFD(\text{dBW}/\text{m}^2) = \text{EIRPs}_b + \text{Spreading loss} + \text{Rain Att} + \text{Atmosfer Att.} \quad (2.2)$$

Dimana :

$$\text{Spreading loss} = 10 * \log (4 d^2) = - 162.12$$

#### *Programmable Attenuation Device (PAD)*

PAD merupakan redaman transponder yang ditambahkan pada rapat daya densitas (PFD) yang diterima satelit, sistem satelit secara otomatis meredam rapat daya yang diterima. Fungsi PAD untuk mengoptimalkan sinyal yang diterima satelit dan mengatur sensitifitas satelit terhadap rapat daya yang diterima sehingga tidak terjadi interferensi. Nilai PAD untuk satelit Telkom-2 adalah 14 dB.

#### *Input Back-Off dan Output Back-Off*

IBO dan OBO menunjukkan penempatan titik kerja dibawah titik saturasi, yang masih berada pada kelilineran daerah kerja dari penguat transponder satelit.

IBO<sub>cxr</sub> / OBO<sub>cxr</sub> merupakan IBO/OBO dari setiap carrier pada saat amplifier dibebani/dalam kondisi multi carrier. IBO<sub>cxr</sub> dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$\text{IBO}_{\text{cxr}} (\text{dB}) = \text{SFD} + \text{PAD} - \text{PFD} \quad (2.3)$$

$$\text{OBO}_{\text{cxr}} (\text{dB}) = \text{IBO}_{\text{cxr}} - (\text{IBO}_{\text{agg}} - \text{OBO}_{\text{agg}}) \quad (2.4)$$

Dimana :

PAD = Programmable attenuation device (dB)

PFD = Power flux density (dBW/m<sup>2</sup>)

IBO<sub>agg</sub> = IBO aggrement (dB) = 6 (dB)

OBO<sub>agg</sub> = OBO aggrement (dB) = 4 (dB)

besarnya daya / power per carrier sering dinyatakan dengan satellite E<sub>i</sub>RP per carrier atau used transponder power per carrier

$$\text{used\_transponder\_power\_perCarrier}(\text{dBW}) = \text{EiRP}_{\text{saturation}} - \text{OBO}_{\text{percarrier}} \quad (2.5)$$

E<sub>i</sub>RP saturation TELKOM -2 yaitu 39,8 dBw

## BAB III Analisis Perhitungan Link Budget Sistem Komunikasi Satelit Makassar – Jayapura

### 3.1 Link Budget dengan Software Satmaster Pro

Perhitungan link dalam sistem komunikasi satelit ini mempunyai tujuan untuk mengetahui tingkat efisiensi penggunaan CnC berupa peningkatan kapasitas *bandwidth* transponder. Dengan perhitungan link yang berdasarkan parameter teknis dari satelit bumi dan satelit serta variasi implementasi pada berbagai jenis modulasi, coding, antenna (lihat lampiran 3), maka dapat dihitung *link budget* dengan menggunakan software *Satmaster Pro*. Tabel 3.1 dibawah ini menunjukkan data ringkas input *link budget*.

Input Data Link Budget					
Item	Parameters	value	Unit	Source	
<b>carrier data</b>	carrier info rates	2,048	Mbps	spec MODEM	
	Overhead	0	%	Idem	
	FEC	0,75 atau 0,875		Idem	
	Jumlah bit/symbols	QPSK =2, 8PSK -3 ,QAM=4		Idem	
	BER yang diinginkan	$10^{-8}$		Idem	
	required Eb/no with FEC	lihat lampiran 10		db	Idem
	(1+roll off factor)	1,2		Idem	
	carrier spacing	1,4		Idem	
<b>data satelit</b>	nama satelit	<b>TELKOM-2</b>		PT. TELKOM	
	posisi longitude	118	degree East	Idem	
	EIRP Saturation	39,8	dbW	Idem	
	G/T	1		Idem	
	PAD	14	db	Idem	
	SFD	-104,6	dbW/m <sup>2</sup>	Idem	
	Transponder Bandwidth	36	db	Idem	
	aggregate IBO	6	db	Idem	
	aggregate OBO	4	db	Idem	
<b>Data Stasiun Bumi 1</b>	nama stasiun bumi	<b>Jayapura</b>		PT. TELKOM	
	posisi longitude	119,47	degree East	Idem	
	posisi latitude	5,15	degree south	Idem	
	antenna diameter	5	m	Idem	
	HPA C/IM (UP)	28	db	Idem	
<b>Data Stasiun Bumi</b>	nama stasiun bumi	<b>Makassar (Ujung Pandang)</b>		PT. TELKOM	
	posisi longitude	140,63	degree East	Idem	
	posisi latitude	2,47	degree south	Idem	
	antenna diameter	3,8	m	Idem	
	LNB noise Figure	35	db	Idem	

**Tabel 3.1 : Data Input Link Budget**

Hasil akhir dari perhitungan link budget akan memperlihatkan *symbol rate* , prosentase *power* dan *bandwidth* transponder yang dibutuhkan, kebutuhan kapasitas *power* dan kapasitas *carrier* per transponder. (selengkapnya data input dan output link budget lihat **lampiran 10 - 15** )

Berikut merupakan langkah- langkah dalam menentukan tingkat efisiensi (penambahan kapasitas *bandwidth*) dengan Carrier In Carrier (CnC) terhadap penggunaan konvensional (tanpa CnC)

**1. Menghitung link budget untuk masing-masing carrier dalam link duplex yaitu carrier dari Link Jayapura ke Makassar dan carrier dari link Makassar ke Jayapura**

Pada perhitungan pertama kita men-set link Jayapura ke Makassar (selanjutnya disingkat dengan *link A*) yaitu stasiun bumi jayapura berada dalam set *uplink* dan stasiun bumi Makassar berada dalam set *downlink*. Perhitungan kedua men-set link Makassar ke Jayapura (selanjutnya disingkat dengan *link B*) yaitu stasiun bumi Makassar berada dalam set *uplink* dan stasiun bumi Jayapura berada dalam set *downlink*.

Setelah memahami hal tersebut diatas, maka dilakukan perhitungan *link budget* dengan menggunakan software satmaster pro (lihat lampiran 3) untuk mendapatkan parameter yang terkait yaitu alokasi *bandwidth* dan *power*

**2. Menghitung rasio Power Spectral Density (PSD ratio)**

PSD menunjukkan besar *power signal per unit bandwidth*. Perhitungan rasio PSD digunakan untk melihat selisih *power carrier* per unit bandwidth dari dua buah *carrier* (Link A dan Link B)

PSD ratio ditentukan dengan persamaan berikut

$$PSD = \text{DownlinkEirp(used } X_{pdr} \text{ power} * \log() \text{ simbolrate)} \tag{3.1}$$

$$PSDratio = PSD\_carrier\_linkA - PSD\_carrier\_linkB \tag{3.2}$$

Berikut contoh perhitungan PSD ratio dengan satmaster

### Carrier A to B

#### Space Segment Utilization

	Value	Units
Overall link availability	99.800	%
Information rate (inc overhead)	10.2400	Mbps
Transmit rate	13.6533	Mbps
Symbol rate	3.4133	Mbaud
Occupied bandwidth	4.2667	MHz
Noise bandwidth	66.30	dB.Hz
Minimum allocated bandwidth required	4.2667	MHz
Allocated transponder bandwidth	4.2667	MHz
Percentage transponder bandwidth used	11.95	%
Used transponder power	22.57	dBW
Percentage transponder power used	7.20	%

#### PSD Carrier A to B

$$= 22.57 - 10 \cdot \log(3.4133 \times 10^6)$$

$$= -42.76 \text{ dBW/Hz}$$

#### PSD Carrier B to A

$$= -40.81 \text{ dBW/Hz}$$

#### PSD Ratio

$$\pm 1.95 \text{ dB}$$

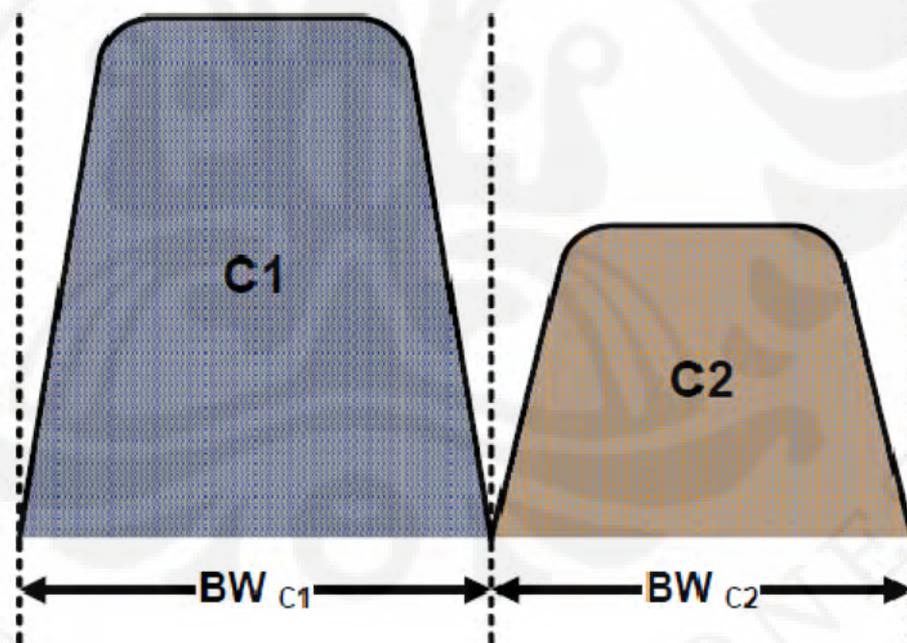
### Carrier B to A

#### Space Segment Utilization

	Value	Units
Overall link availability	99.800	%
Information rate (inc overhead)	10.2400	Mbps
Transmit rate	13.6533	Mbps
Symbol rate	3.4133	Mbaud
Occupied bandwidth	4.2667	MHz
Noise bandwidth	66.30	dB.Hz
Minimum allocated bandwidth required	4.2667	MHz
Allocated transponder bandwidth	4.2667	MHz
Percentage transponder bandwidth used	11.95	%
Used transponder power	24.52	dBW
Percentage transponder power used	8.96	%

#### CnC Ratio

$$\pm 1.95 \text{ dB}$$

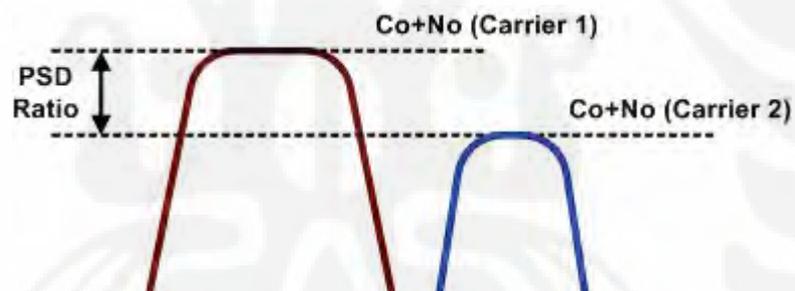


$Power_{C1} (dBm)$

$Power_{C2} (dBm)$

$$CnC\_ratio = Power_{C1} (dBm) - Power_{C2} (dBm)$$

$$PSD\_ratio = (Power_{C1} (dBm) - 10 \log_{10} (BW_{C1} (Hz))) - (Power_{C2} (dBm) - 10 \log_{10} (BW_{C2} (Hz)))$$



$$BW_{ALL\_perCarrier} (Hz) = BW_{OCC} + \beta$$

Untuk bandwidth yang dialokasikan pada *link duplex* (Link A dan Link B) ditentukan dengan menjumlahkan *bandwidth* dari Link A dan Link B. karena pada skripsi ini menerapkan *datarate* yang sama (2,048 MHz) sehingga link dikatakan simetri atau Bandwidth yang dialokasikan dari Link A sama dengan Bandwidth Link B

$$BW_{ALL\_Link\_Duplex} (Hz) = BW_{ALL\_perCarrie} Hz \quad (3.6)$$

Atau

$$BW_{ALL\_Link\_Duplex} (\%) = 100\% \frac{BW_{ALL\_Link\_Duplex} (MHz)}{36 (MHz)} \quad (3.7)$$

Sedangkan penggunaan CnC akan menjadikan bandwidth link A dan Link B mengalami overlap (menumpuk). Maka persamaan bandwidth yang dialokasikan akan menjadi

$$BW_{ALL\_Link\_Duplex(CnC)} (Hz) = BW_{ALL\_perCarrie} Hz \quad (3.8)$$

Perhitungan power sebagai berikut

$$Power_{Link\_duplex} (\%) = \frac{PEB}{C1} + PEB_{C2} \quad (3.9)$$

Power Equivalent Bandwidth (PEB) merupakan *power* yang dialokasikan oleh sebuah *carrier* dalam setiap pemakaian *bandwidthnya*.

Untuk lebih jelas dapat melihat contoh perhitungan PEB carrier berikut ini

Transponder EIRP = 37 dBW

Output Backoff (OBO) = 4 dB

Available EIRP = 37 – 4 = 33 dBW =  $10^{3.3} = 1955.26$  Watts

Transponder Bandwidth = 36 MHz

Power tersedia / MHz =  $1955.26 / 36 = 54.424$  W

Jika carrier mengalokasikan 24 dBW,  $PEB = 10^{2.4} / 54.424 = 4.532$  MHz

PEB juga dapat dinyatakan dalam prosentase terhadap alokasi transponder untuk 36 MHz yang menunjukkan besarnya *power per carrier*. [6]

$$PEB(\%) = \frac{PEB(MHz)}{36MHz} * 100\% \quad (3.9)$$

Dengan demikian PEB 4,532 MHz setara dengan 12.59% total power transponder. Kondisi link dikatakan bandwidth limited jika % bandwidth per carrier lebih besar dari % PEB. Sedangkan kondisi power limited jika % power lebih besar dari % bandwidth.

#### 4. Menghitung dan membandingkan jumlah carrier, jumlah power , dan bandwidth per transponder untuk link tanpa penggunaan CnC (Metode konvensional) dan link dengan penggunaan CnC

Dengan menerapkan formula berikut :

##### 1. Metode Konvensional

###### A. Jumlah Carrier

Jumlah *carrier* menunjukkan banyaknya *carrier* yang mampu diloading dalam satu transponder. Tentunya dengan mempertimbangkan sumber daya atau *bandwidth*. Jika *alokasi bandwidth link duplex* lebih besar dari *power link duplex* maka link dikatakan ***bandwidth limited***. Karena *bandwidth* sebagai resource utama akan mengkonsumsi *bandwidth* yang terbatas. Sehingga link *carrier* yang mampu diload adalah

$$nCarrier = \frac{100\%}{BW_{ALL\_Link\_Duplex}(\%)} * 2 \quad (3.10)$$

Jika *power link duplex* lebih besar dari *alokasi bandwidth link duplex* maka link dikatakan link ***power limited***. Karena power sebagai

resource utama akan mengkonsumsi sejumlah power yang terbatas. Sehingga link carrier yang mampu diload adalah

$$nCarrier = \frac{100\%}{PWR_{Link\_Duplex}(\%)} \quad (3.11)$$

#### B. Total BW per transponder

Menunjukkan prosentase pemakaian *bandwidth* pada satu transponder

$$BW_{perTransponder}(\%) = \frac{BW_{All\_perCarrier}}{nCarrier} \quad (3.12)$$

Apabila dinyatakan dalam (MHz)

$$BW_{perTransponder}(MHz) = BW_{perTransponder}(\%) * 36 \quad (3.13)$$

#### C. Total PWR per transponder

Menunjukkan prosentase pemakaian power dalam satu transponder

$$PWR_{perTransponder}(\%) = \frac{PWR_{Link\_Duplex}(\%)*nCarrier}{2} \quad (3.14)$$

## 2. Metode Penggunaan CnC

### A. Jumlah Carrier

Jika *bandwidth* per carrier lebih besar dari *power* per carrier maka link dikatakan ***bandwidth limited***. Karena *bandwidth* sebagai resource utama akan mengkonsumsi *bandwidth* yang terbatas. Sehingga link carrier yang mampu diload adalah

$$nCarrier = \frac{100\%}{BW_{ALL\_Link\_Duplex(CnC)}(\%)} * 2 \quad (3.15)$$

Jika *power* per *carrier* lebih besar dari *bandwidth* per carrier maka link dikatakan link ***power limited***. Karena *power* sebagai resource utama akan mengkonsumsi sejumlah *power* yang terbatas. Sehingga link carrier yang mampu diload adalah

## B. Saving Transponder

Menunjukkan besarnya penghematan transponder pada link komunikasi satelit Makassar – Jayapura. Melihat pada rencana implementasi yang membutuhkan 58 E1 atau setara dengan 3,2 Transponder. Untuk itu perlu dilakukan perhitungan pemakaian transponder dengan penggunaan CnC

$$\boxed{\text{kebutuhanXpdr} = \frac{116\text{MHz}}{\text{BWperXpdr(MHz)}}} \quad (3.15)$$

Maka dengan penggunaan CnC mampu menghemat transponder yaitu

$$\boxed{\text{SavingTransponder}(\%) = 100\% \frac{3,2\text{Xpdr} - \text{kebutuhanXpdr}}{3,2\text{Xpdr}} \times} \quad (3.16)$$

### 5. Mengulang langkah tersebut diatas dengan memilih Modulasi dan FEC tertentu

Pemilihan modulasi tertentu seperti QPSK, 8PSK dan QAM untuk masing –masing FEC 0,75 dan 0,875. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan bandwidth dan power yang seimbang, sehingga akan didapatkan optimalisasi layanan satelit yang maksimal.

#### Contoh Perhitungan :

Berikut ini merupakan contoh perhitungan tahapan-tahapan tersebut diatas, untuk modulasi QPSK , FEC 0,75. Dengan menggunakan tabel 3.1 untuk inputan software satmaster pro maka akan didapatkan beberapa parameter secara langsung sebagai berikut (lihat selengkapnya pada **lampiran 5** ). Tabel 3.2 menunjukkan hasil link budget yang dihitung dengan *software satmaster pro*.

QPSK , FEC 3/4	Link A	Link B	total link duplex
BW (%)	5,31	5,31	<b>10,62</b>
PEB (%)	1,13	0,71	<b>1,84</b>
used tranpdr power dBw	16,34	14,32	30,66
Symbol rate	1,3653	1,3653	

**Tabel 3.2** : Contoh Hasil Link Budget QPSK 0,75

Parameter output diatas juga dapat didapatkan dengan menerapkan langkah-langkah dalam menentukan tingkat efisiensi (penambahan kapasitas bandwidth) dengan Carrier In Carrier (CnC) .

- **Menentukan link**

Link A menunjukkan link komunikasi dari Jayapura (uplink ) ke Makassar (Downlink) dan Link B menunjukkan link komunikasi dari Makassar (uplink ) ke Jayapura (downlink)

- **Menentukan occupied bandwidth per carrier (MHz)**

Dengan menerapkan persamaan 2.1, untuk nilai  $R = 2,048$  ,  $m = 2$ ,  $FEC = 0,75$  dan  $1 + \alpha = 1,2$

$$BW_{occ} = \frac{2,048}{2 * 0,75} (1,2) = 1,6384 MHz$$

maka didapatkan nilai occupied bandwidth untuk Link A dan Link B = 1,6384 MHz

- **Menentukan alokasi bandwidth per carrier (MHz)**

Dengan menerapkan persamaan 3.5

$$BW_{allocation} = BW_{occ} (1,2) = 1,9115 MHz ,$$

maka didapatkan alokasi bandwidth per carrier 1,9115 MHz untuk link A dan link B.

- **Menentukan alokasi bandwidth untuk link duplex per transponder**

Dengan menerapkan persamaan 3.6 atau 3.7,

$$BW_{link\_Duplex} (MHz) = BW_{allocation} = 3,823 MHz$$

$$BW_{link\_Duplex} (%) = \frac{BW_{link\_Duplex} (MHz)}{36 MHz} * 100\% = \frac{3,823}{36} * 100\% = 10,62\%$$

maka didapatkan alokasi bandwidth link duplex = 3,823 MHz atau 10,62 % per transponder untuk metode konvensional dan 5,31 % (setengah dari bandwidth metode konvensional) untuk metode CnC

- **Menentukan *used transponder power per carrier***

Dengan menerapkan persamaan 2.5 untuk link A

$$SFD = -104,61 \text{ dB}$$

$$PFD = EIRP_{sb} \text{ (lihat hasil perhitungan lampiran) } - 162,12$$

$$PAD = 14 \text{ dB}$$

$$IBO_{crx} = 25,46$$

$$OBO_{crx} = 23,46$$

$$used\_transponder\_power\_perCarrier(dB) = 23,46$$

maka didapatkan *used transponder power per carrier* atau besarnya power per carrier = 16,34 dBW (link A) dan 14,32 dBW (link B)

- **Menentukan PSD ratio**

Dengan menerapkan persamaan 3.1

$$PSD_{link\_A} = 16,34 - 10 * \log(1,64 * 10^6) = -45,80$$

$$PSD_{link\_B} = 14,32 - 10 * \log(1,17 * 10^6) = -44,17$$

maka didapatkan PSD link A = -45,80 dB dan PSD link B = -44,17 dB dan dengan menerapkan persamaan 3.2

$$PSD_{ratio} = -45,80 - (-44,17) = -1,63$$

Maka didapatkan PSD ratio = -1,63 dB

- **Menentukan PEB**

Transponder EIRP = 39,8 dBW

Output Backoff (OBO) = 4 dB

Available EIRP = 39,8 - 4 = 35,8 dBW =  $10^{3.58} = 3802$  Watts

Transponder Bandwidth = 36 MHz

Power tersedia / MHz = 3802 / 36 = 106 W

Jika carrier mengalokasikan 16,34 dBW, PEB =  $10^{1.634} / 106 = 0,406$  MHz

$$PEB(\%) = \frac{0,406 \text{ MHz}}{36 \text{ MHz}} * 100\% = 1,13\%$$

Maka didapatkan PEB untuk Link A = 1,13 %. Dengan cara yang sama didapatkan PEB untuk Link B = 0,71%

- **Menentukan kondisi link**

Karena besar persen bandwidth per carrier lebih besar dibanding persen PEB, maka link dikatakan bandwidth limited.

- **Menentukan jumlah carrier**

Dengan menerapkan persamaan

$$n_{Carrier} = \frac{100\%}{10,62(\%)} * 2 = 18,83_{carrier},$$

Maka jumlah carrier (frekuensi pembawa) pada metode konvensional yaitu 18 buah carrier

$$n_{Carrier} = \frac{100\%}{5,31(\%)} * 2 = 36_{carrier},$$

Maka jumlah carrier (frekuensi pembawa) pada metode CnC yaitu 36 buah carrier

- **Menentukan kapasitas transponder (total BW per transponder)**

Dengan menerapkan persamaan 3.12 dan 3.13

$$BW_{perTransponder}(\%) = 84\% * 36 = 95,58\%$$

$$BW_{perTransponder}(\%) = 95,58\% * 36 = 68,82 = \text{MHz}$$

- **Menentukan saving transponder**

Peningkatan kapasitas bandwidth akan berimbas pada efisiensi pemakaian CnC terhadap pemakaian secara konvensional, ditentukan dengan persamaan 3.15 dan 3.16

$$kebutuhan_{Xpdr} = \frac{116\text{MHz}}{68,82(\text{MHz})} = 1,69_{Xpdr}$$

$$Saving_{Transponder}(\%) = 100\% - \frac{3,2_{Xpdr} - 1,69}{3,2_{Xpdr}} * 100\% = 47\%$$

### 3.2 Hasil Perhitungan Link Budget

Perhitungan link budget dilakukan dengan *Software Satmaster Pro* untuk mendapatkan persen penggunaan bandwidth (% utility bandwidth) dan power (% utility power) per carrier dalam satu transponder [9]. Cara lainnya dengan menerapkan langkah-langkah perhitungan sebelumnya maka dapat diringkaskan hasil perhitungan link budget dengan menggunakan software link budget pada tabel 3.3 berikut ini.

Antenna 5m -3,8m		LINK A	LINK B
modulasi	BW (%)	PEB crx1 (%)	PEB crx2 (%)
QPSK 0,75	<b>5,31</b>	1,13	0,71
QPSK 0,875	<b>4,55</b>	1,18	0,74
8-PSK 0,75	<b>3,54</b>	2,74	1,70
8-PSK 0,875	<b>3,03</b>	2,99	1,84
16-QAM 0,75	2,65	4,58	2,77
16-QAM 0,875	2,28	5,69	3,37

**Tabel 3.3 :** Hasil Perhitungan Link Budget untuk % BW dan % Power Per Carrier

#### 3.2.1 Hasil Perhitungan Power Spectral Density (PSD)

Dengan menerapkan persamaan 2.1 untuk mendapatkan PSD link A dan Link B. selanjutnya menghitung PSD ratio dengan menggunakan persamaan 2.2 tabel 3.4 berikut menunjukkan hasil perhitungan ratio PSD.

modulasi	LINK A			LINK B			PSD ratio (dB)
	PEB $c_1$ { dBW }	Symbol rate	PSD (dB)	PEB $c_2$ { dBW }	Symbol rate	PSD (dB)	
QPSK 0,75	16,34	1,6384	-45,80	14,32	1,3653	-47,03	-1,23
QPSK 0,875	16,51	1,1703	-44,17	14,49	1,1703	-46,19	-2,02
8-PSK 0,75	20,17	0,9102	-39,42	18,09	0,9102	-41,50	-2,08
8-PSK 0,875	20,55	0,7802	-38,37	18,45	0,7802	-40,47	-2,10
16-QAM 0,75	22,41	0,6827	-35,93	20,22	0,6827	-38,12	-2,19
16-QAM 0,875	23,35	0,5851	-34,32	21,08	0,5851	-36,59	-2,27

**Tabel 3.4 :** Hasil Perhitungan Power Spectral Density (PSD)

### 3.2.2 Hasil Perhitungan Bandwidth Allocation dan Power Link Duplex

Dengan menerapkan persamaan 2.6 untuk mendapatkan BW All (Mhz) per carrier. Sedangkan Power link dupleks didapatkan dengan persamaan 2.10. Tabel 3.5 Berikut ini merupakan hasil perhitungan dari bandwidth allocation dan power untuk link duplex :

Modulasi	BW <sub>duplex</sub> (%)	PWR <sub>duplex</sub> (%)	Kondisi Link
QPSK 0,75	<b>10,62</b>	1,84	BW Limited
QPSK 0,875	<b>9,10</b>	1,92	BW Limited
8-PSK 0,75	<b>7,08</b>	4,44	BW Limited
8-PSK 0,875	<b>6,06</b>	4,83	BW Limited
16-QAM 0,75	5,30	<b>7,35</b>	PWR Limited
16-QAM 0,875	4,56	<b>9,06</b>	PWR Limited

**Tabel 3.5** : Hasil Perhitungan dari Bandwidth Allocation dan Power Link Duplex

### 3.2.3 Hasil Perhitungan Jumlah Carrier, Total BW dan Power Per Transponder

Hasil Perhitungan Jumlah Carrier, Total BW dan Power Per Transponder dihitung dan dibandingkan dengan menggunakan dua metode. Metode pertama adalah metode konvensional (tanpa penggunaan CnC). Metode kedua adalah metode CnC (dengan penggunaan CnC).

#### 3.2.3.1 Metode Konvensional

Dengan menerapkan persamaan 2.11 – 2.15 didapatkan jumlah carrier, total BW per transponder, dan total power per transponder. Tabel 3.6 berikut ini menunjukkan hasil perhitungan jumlah carrier , total bandwidth dan power per transponder.

modulasi	Konvensional					
	BW duplex (%)	PWR duplex (%)	jumlah Carrier	total BW per transponder (%)	total BW per transponder (MHz)	total PWR per transpond (%)
QPSK 0,75	<b>10,62</b>	1,84	18	95,58	34,41	16,56
QPSK 0,875	<b>9,10</b>	1,92	20	91,00	32,76	19,20
8-PSK 0,75	<b>7,08</b>	4,44	28	99,12	35,68	62,16
8-PSK 0,875	<b>6,06</b>	4,83	32	96,96	34,91	77,28
16-QAM 0,75	5,30	<b>7,35</b>	26	68,90	24,80	95,55
16-QAM 0,875	4,56	<b>9,06</b>	22	50,16	18,06	99,66

**Tabel 3.6** : Hasil Perhitungan Jumlah Carrier, Total BW dan Power Per Transponder (Metode Konvensional)

### 3.2.3 B Metode CnC

Dengan menerapkan persamaan 2.16 didapatkan jumlah carrier. Sedangkan total BW per transponder, dan total power per transponder digunakan persamaan yang serupa dengan metode konvensional. Tabel 3.7 berikut ini menunjukkan hasil Perhitungan Jumlah Carrier, Total BW dan Power Per Transponder (Metode Cn)

modulasi	carrier in carrier					
	BW duplex (%)	PWR duplex (%)	jumlah Carrier	total BW per transponder (%)	total BW per transponder (MHz)	total PWR per transpond (%)
QPSK 0,75	<b>5,31</b>	1,84	36	95,58	68,82	33,12
QPSK 0,875	<b>4,55</b>	1,92	40	91,00	65,52	38,40
8-PSK 0,75	3,54	<b>4,44</b>	44	77,88	56,07	97,68
8-PSK 0,875	3,03	<b>4,83</b>	40	60,60	43,63	96,60
16-QAM 0,75	2,65	<b>7,35</b>	26	34,45	24,80	95,55
16-QAM 0,875	2,28	<b>9,06</b>	22	25,08	18,06	99,66

**Tabel 3.7** : Hasil Perhitungan Jumlah Carrier, Total BW dan Power Per Transponder (Metode CnC)

### 3.2.4 Hasil Perhitungan Kebutuhan Transponder dan *Saving Transponder*

Dengan menerapkan persamaan 2.17 dan 2.18 didapatkan kebutuhan transponder dan saving transponder (penghematan pada transponder terhadap kebutuhan implementasi) pada tabel 3.8 berikut ini.

modulasi	kebutuhan transponder	saving transponder (%)
QPSK 0,75	1,69	47
QPSK 0,875	1,77	45
8-PSK 0,75	2,07	35
8-PSK 0,875	2,66	17
16-QAM 0,75	4,68	-46
16-QAM 0,875	6,42	-101

Tabel 3.8 : Kebutuhan Transponder dan *Saving Transponder*

### 3.3 Analisis Hasil Perhitungan Link Budget

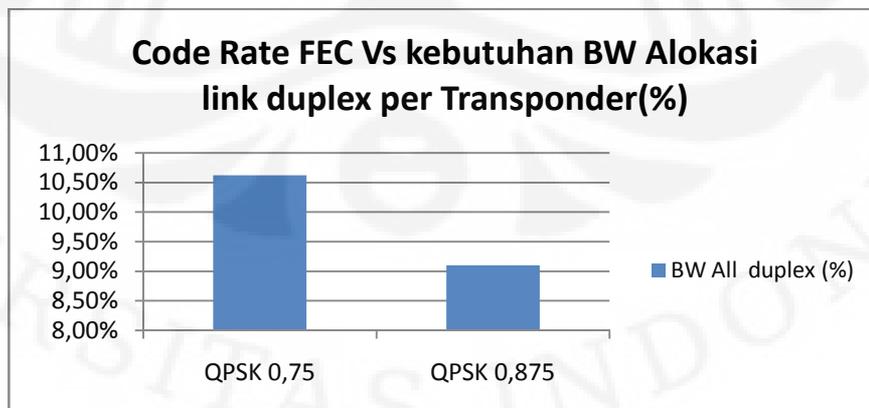
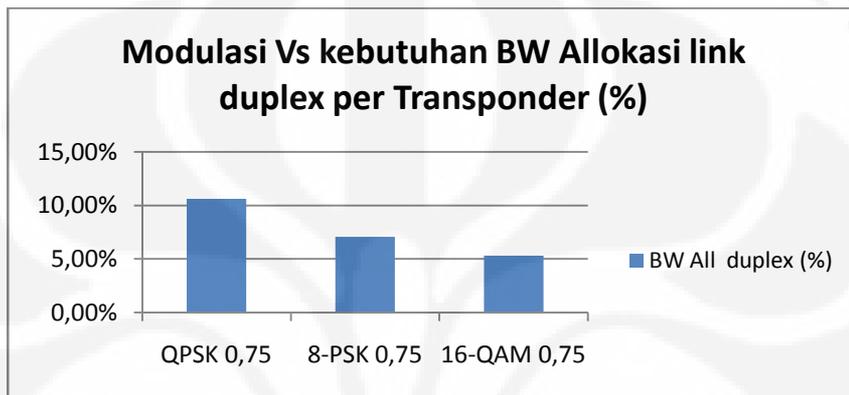
Analisa perhitungan Link Budget menggunakan perbandingan metode link konvensional (tanpa penggunaan CnC) dengan link penggunaan CnC. Dengan demikian akan didapatkan perbedaan secara jelas pada jumlah carrier, total penggunaan BW pertransponder, dan efisiensi penghematan transponder.

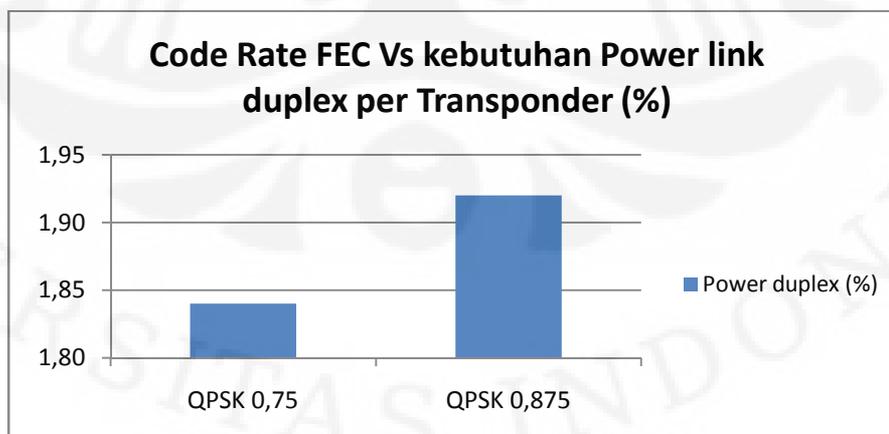
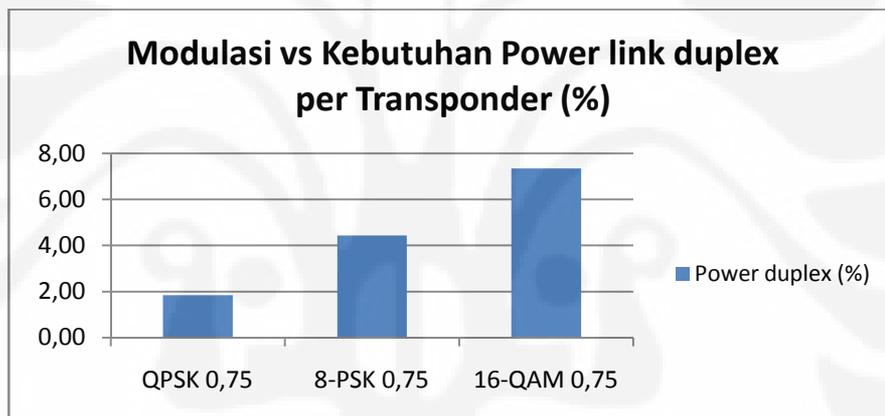
#### 3.3.1 Analisis Power Spectral Density

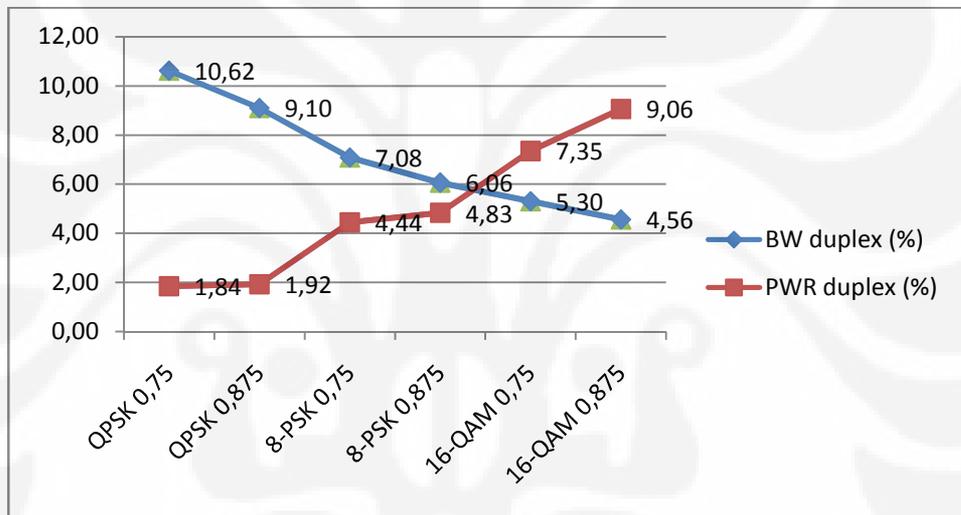
Perhitungan Power Spectral Density ratio (PSD ratio) untuk semua Modulasi menunjukkan nilai yang sangat kecil. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terjadi perbedaan power secara signifikan antara link A (Jayapura ke Makassar) dan link B (Makassar ke Jayapura). Dengan demikian Modem CnC layak untuk diimplementasikan tanpa mengakibatkan penurunan kualitas layanan secara teknis, sebagaimana disebutkan dalam persyaratan dalam pengoperasian modem CnC tersebut harus memenuhi  $< 10$  dB [8] (sumber : PT Telkom Indonesia).

#### 3.3.2 Analisis Kebutuhan Bandwidth Allokasi Per Transponder

Hasil perhitungan link budget yaitu bandwidth yang dibutuhkan untuk carrier (BW occupied) pada data rate 2,048 MHz. Dalam pengimplementasian perlu memperhatikan guard band untuk meminimalkan interferensi antar carrier, sehingga kualitas layanan tetap terjaga. Untuk itu diterapkan guard band sebesar 20 % dari bandwidth occupiednya. Bandwidth yang dialokasikan untuk link duplex merupakan penjumlahan bandwidth link A dan link B. diketahui link bersifat simetris







maksimal. Maksimum loading *carrier* untuk modulasi QPSK 0,75 dan 0,875 adalah 18 dan 20 buah *carrier*.

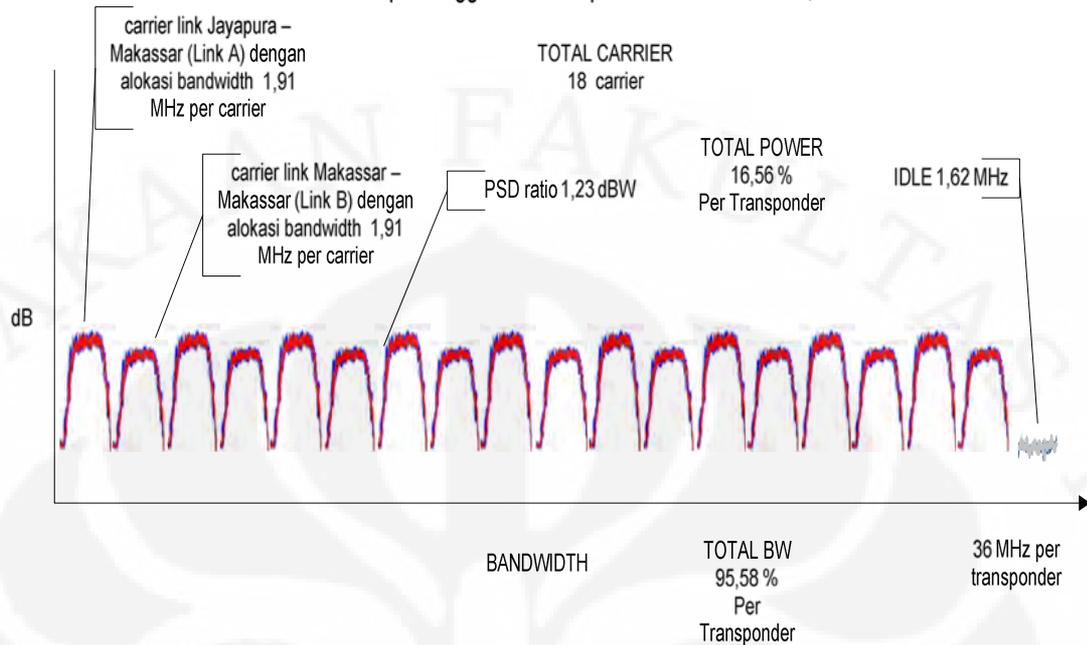
Penggunaan CnC mampu menumpuk (*overlap*) *carrier* tanpa terjadi *interferensi* atau *bandwidth* yang dialokasikan pada transponder akan menjadi setengah dari *bandwidth* alokasi link *dupleks*. Dengan demikian jumlah *carrier* yang mampu diload akan menjadi dua kali lipat dibanding penggunaan metode konvensional, yaitu dengan modulasi QPSK 0,75 dan 0,875 adalah 36 dan 40 *carrier*.

Tentunya dengan penggunaan CnC, peningkatan jumlah *carrier* yang mampu diload akan menambah kapasitas *bandwidth* dalam satu transponder menjadi dua kali lipat dibanding. Penambahan *carrier* menjadi dua kali lipat akan diikuti dengan konsumsi *power* dua kali lipat juga.

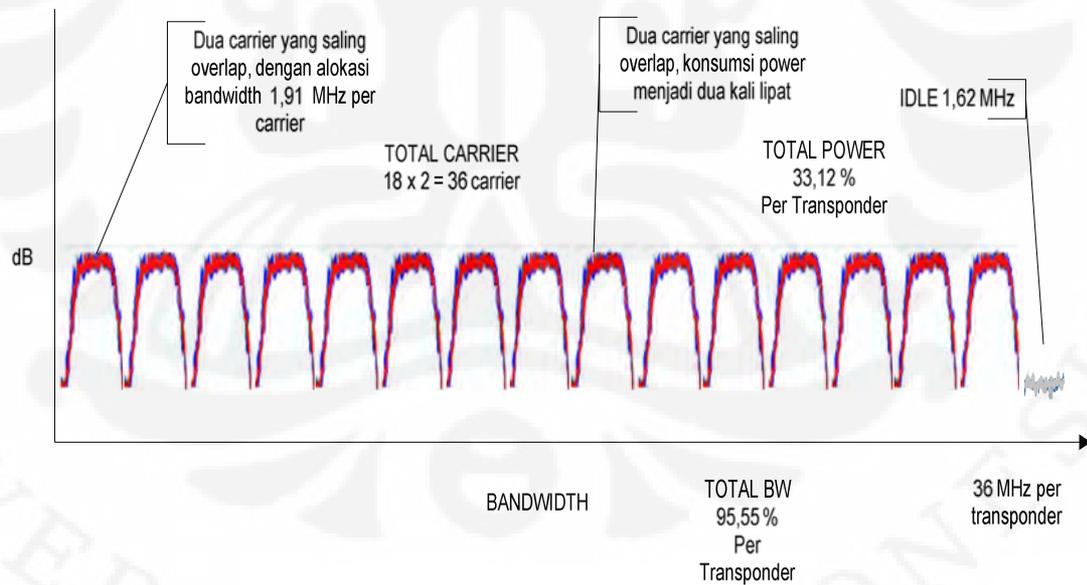
Implementasi teknologi *carrier in Carrier* link komunikasi Makassar –Jayapura yang ditargetkan membutuhkan 3,2 transponder. Dengan demikian kebutuhan transponder untuk link penggunaan cnc hanya membutuhkan transponder untuk modulasi QPSK 0,75 dan 0,875 adalah 1,69 dan 1,77 buah transponder. Atau setara dengan penghematan transponder untuk modulasi QPSK 0,75 dan 0,875 adalah 47 % (menghemat 1,51 Transponder) dan 49 % (menghemat 1,44 transponder).

Gambar 3.3 dan Gambar 3.4 dibawah ini menunjukkan sketsa loading *carrier* dalam sebuah transponder untuk modulasi QPSK 0,75 dan 0,875

Tanpa Penggunaan CnC pada modulasi QPSK 0,75

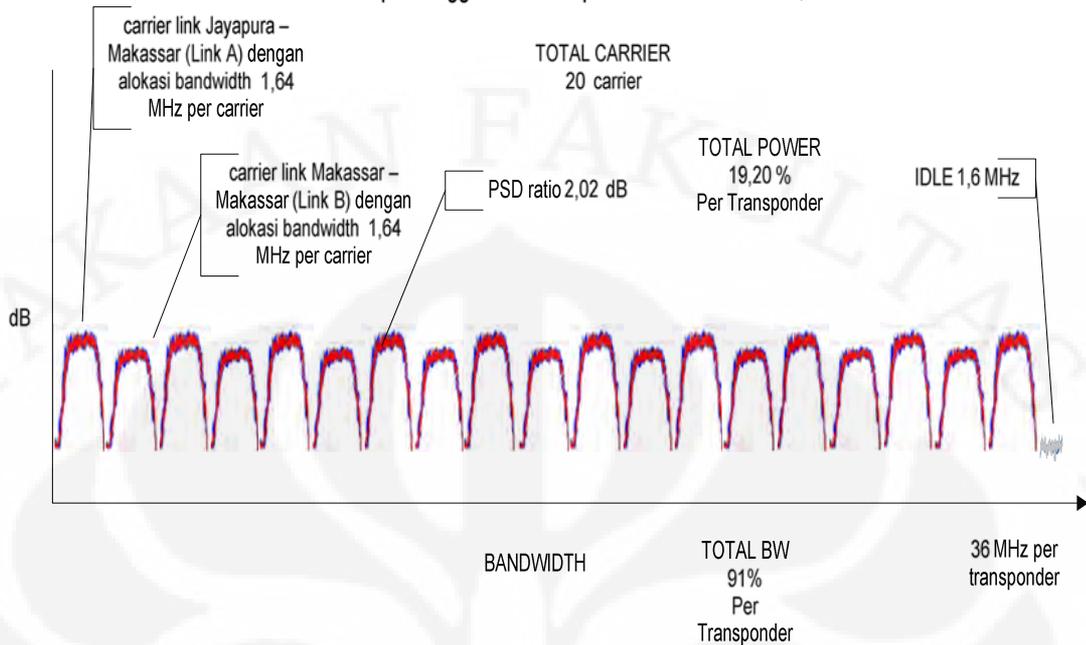


Penggunaan CnC pada modulasi QPSK 0,75

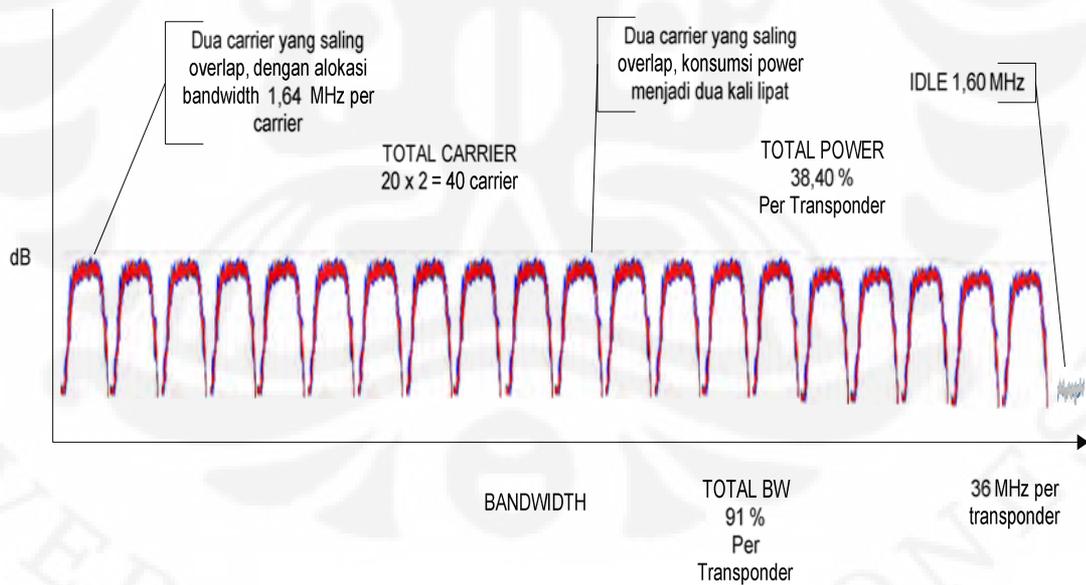


**Gambar 3.3 :** Sketsa Loading Carrier Dalam Sebuah Transponder Untuk Modulasi QPSK 0,75 dengan Membandingkan Penggunaan CnC Terhadap Penggunaan Konvensional

Tanpa Penggunaan CnC pada modulasi QPSK 0,875



Penggunaan CnC pada modulasi QPSK 0,875



**Gambar 3.4 :** Sketsa Loading Carrier Dalam Sebuah Transponder Untuk Modulasi QPSK 0,875 dengan Membandingkan Penggunaan CnC Terhadap Penggunaan Konvensional

### 3.3.5.2 Analisis pada Modulasi 8PSK 0,75 dan 0,875

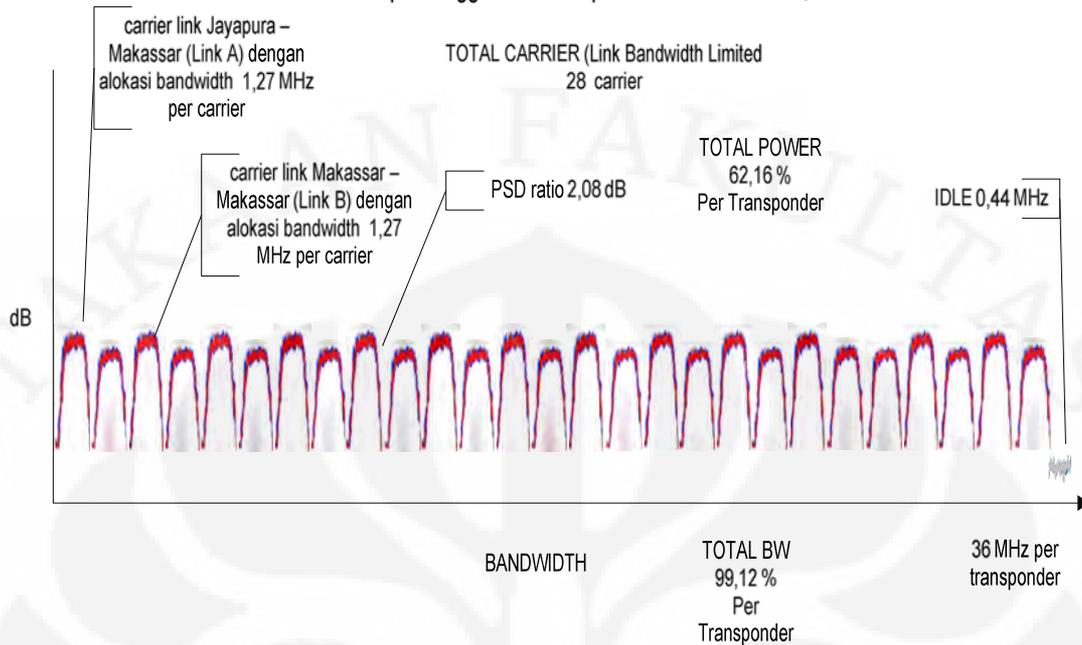
Pada Modulasi 8PSK, Dengan kondisi *bandwidth limited* maka, *bandwidth* sebagai resource utama akan dikonsumsi secara maksimal (99,12 % untuk 8PSK 0,75 dan 96,96 % untuk 8PSK 0,875). Hal ini dilakukan untuk mendukung pemenuhan link *carrier* yang maksimal. Maksimum loading *carrier* untuk modulasi 8PSK 0,75 dan 0,875 adalah 28 dan 32 buah *carrier*.

Penggunaan CnC pada modulasi 8PSK 0,75 maupun 0,875 tidak mencapai kondisi optimal demikian. Melihat analisis perbandingan power link dupleks (setelah mengalami penumpukkan *carrier*) lebih besar dari *bandwidth* link dupleks maka, link dikatakan Power limited. Power sebagai resource utama akan dikonsumsi secara maksimal per transponder, sehingga jumlah *carrier* yang mampu diloading untuk modulasi QPSK 0,75 dan 0,875 hanya 44 dan 40 buah *carrier*

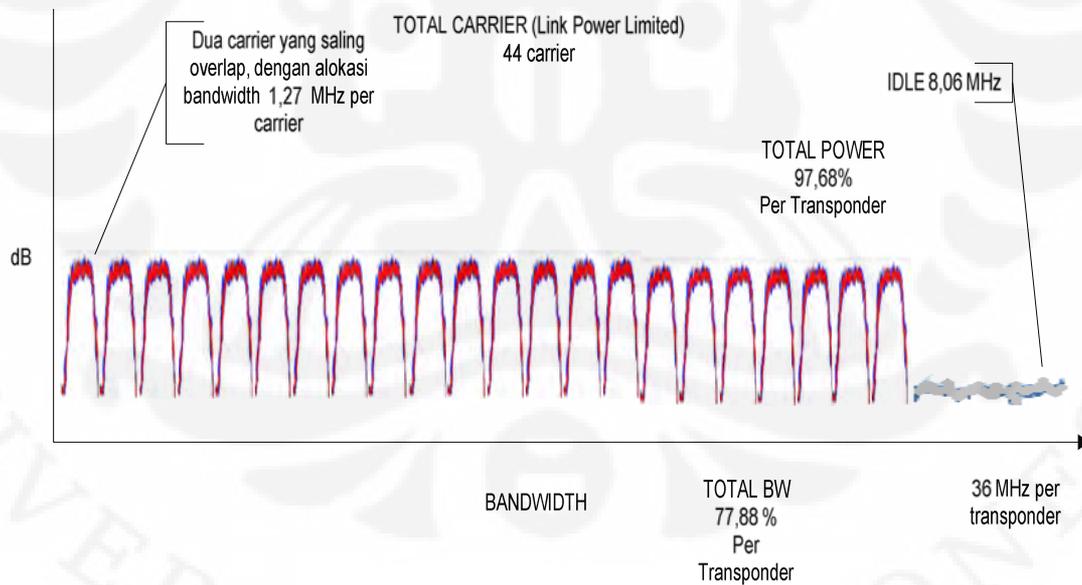
Implementasi teknologi *carrier in Carrier* link komunikasi Makassar –Jayapura yang ditargetkan membutuhkan 3,2 transponder. Dengan demikian kebutuhan transponder untuk link penggunaan cnc hanya membutuhkan transponder untuk modulasi 8PSK 0,75 dan 0,875 adalah 2,07 dan 2,77 buah transponder. Atau setara dengan penghematan transponder untuk modulasi 8PSK 0,75 dan 0,875 adalah 35 % (menghemat 1,13 transponder) dan 17 % (menghemat 0,43 transponder).

Gambar 3.5 dan 3.6 dibawah ini menunjukkan sketsa loading *carrier* dalam sebuah transponder untuk modulasi 8PSK 0,75 dan 0,875

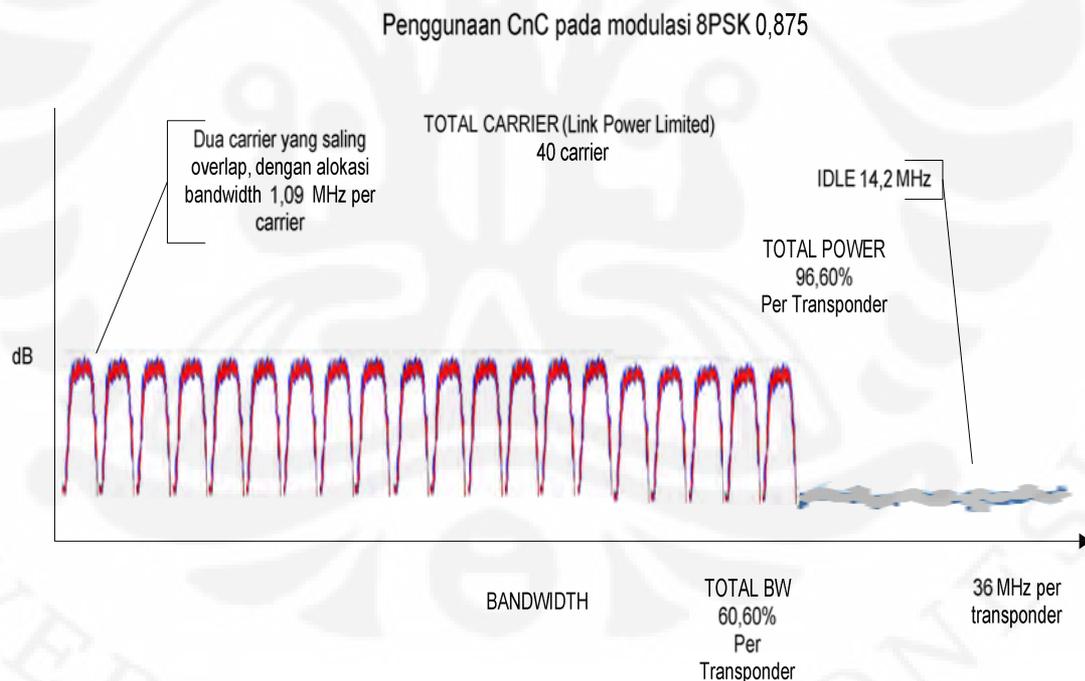
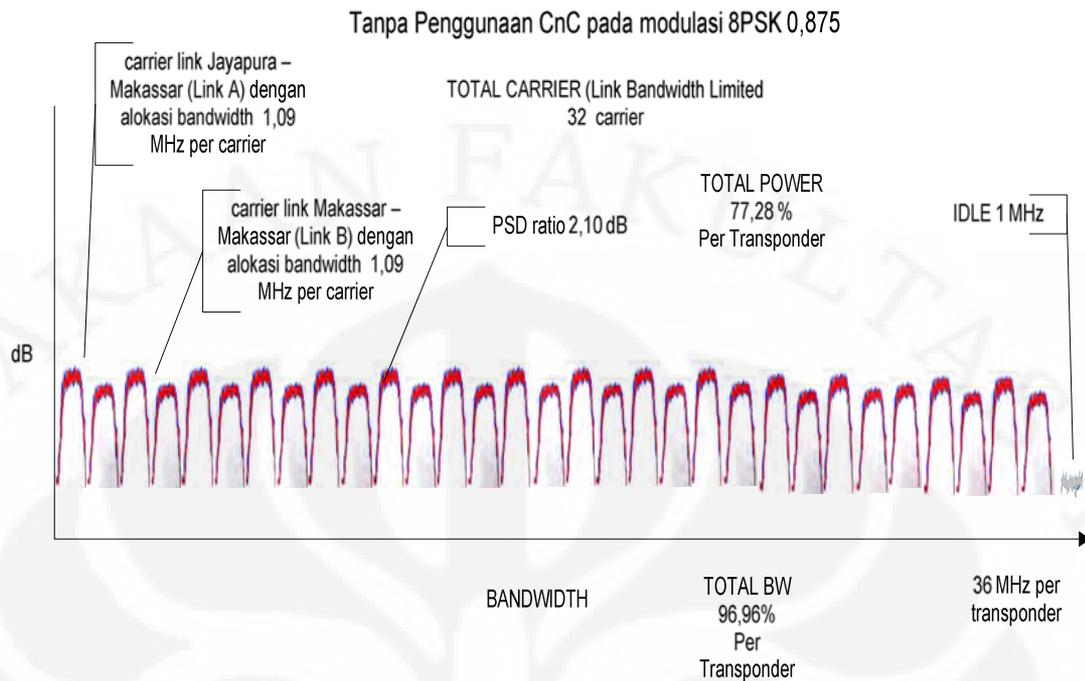
Tanpa Penggunaan CnC pada modulasi 8PSK 0,75



Penggunaan CnC pada modulasi 8PSK 0,75



**Gambar 3.5:** sketsa Loading Carrier Dalam Sebuah Transponder Untuk Modulasi 8PSK 0,75 dengan Membandingkan Penggunaan CnC Terhadap Penggunaan Konvensional



**Gambar 3.6 :** Sketsa Loading Carrier Dalam Sebuah Transponder Untuk Modulasi 8PSK 0,875 dengan Membandingkan Penggunaan CnC Terhadap Penggunaan Konvensional

### 3.3.5.3 Analisis Pada Modulasi QAM 0,75 dan 0,875

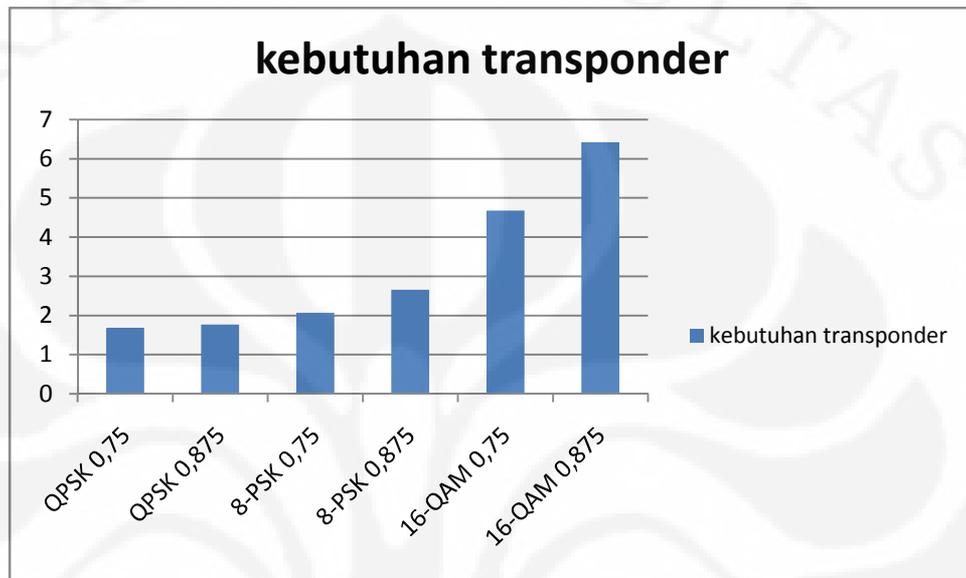
Pada modulasi QAM 0,75 dan 0,875, Kondisi link dupleks dikatakan power limited mengingat kondisi dimana bandwidth kurang dari power  $X_{pdr}$ . Dengan kondisi demikian, power sebagai resource utama akan dikonsumsi secara maksimal. Hal ini dilakukan untuk mendukung pemenuhan link carrier yang maksimal. Maksimum loading carrier untuk modulasi QAM 0,75 dan QAM 0,875 adalah 26 dan 22 buah carrier.

Penggunaan CnC pada modulasi QAM 0,75 maupun 0,875 tidak mencapai kondisi optimal demikian. Melihat analisis perbandingan power link dupleks (setelah mengalami penumpukkan carrier) lebih besar dari bandwidth link dupleks maka, link dikatakan Power limited. Power sebagai resource utama akan dikonsumsi secara maksimal per transponder, sehingga jumlah carrier yang mampu di loading untuk modulasi QPSK 0,75 dan 0,875 akan tetap. penggunaan CnC tidak berpengaruh pada peningkatan jumlah carrier yang mampu di load, peningkatan kapasitas bandwidth dalam satu transponder maupun efisiensi penghematan transponder.

Implementasi teknologi carrier in Carrier link komunikasi Makassar – jayapura yang ditargetkan membutuhkan 3,2 transponder. Dengan demikian kebutuhan transponder untuk link penggunaan CnC untuk modulasi QAM 0,75 dan QAM 0,875 membutuhkan transponder yang lebih besar dibanding kebutuhan implementasi mula-mula. Sehingga nilai *saving* transponder (penghematan transponder) menjadi negatif yaitu -46 % untuk modulasi QAM 0,75 dan -101% untuk modulasi QAM 0,875

. Untuk mengatasi kondisi power limited penggunaan CnC pada modulasi QAM 0,75 dan 0,875 , agar didapatkan efisiensi bandwidth transponder yaitu

- Merubah dimensi antena pada salah satu atau keduanya stasiun bumi.
- Menaikan coding gain dengan merubah misalnya dari Viterbi keTPC/LDPC atau merubah kombinasi modulation/FEC rate misalnya 16 QAM 7/8 ke QPSK  $\frac{3}{4}$  yang membutuhkan daya lebih kecil untuk mencapai target BER tertentu ( $E_b/N_o$ )



Modulasi	kebutuhan transponder	Power <sub>duplex</sub> (%) / BW <sub>All link duplex</sub> (%)	saving transponder (%)
QPSK 0,75	1,69	17 %	47%
QPSK 0,875	1,77	23 %	45%
8PSK 0,75	2,07	63 %	35%
8PSK 0,875	2,66	80 %	17%
QAM 0,75	4,68	139 %	-46%
QAM 0,875	6,42	199 %	-101%

**Tabel 3.9** : Ringkasan Hasil Implementasi

Dengan melihat hasil pada tabel 3.9 diatas maka, dapat diberikan penjelasan bahwa untuk kondisi bandwidth limited dimana perbandingan power terhadap bandwidth semakin kurang dari 50 % maka akan didapatkan penghematan dari penggunaan CnC akan mencapai maksimal ( mendekati 50 %). Sedangkan jika perbandingan power terhadap bandwidth > 50 % maka akan didapatkan penghematan dari penggunaan CnC akan menurun. Perbandingan power terhadap bandwidth yang lebih besar dari 100 % , tidak akan memiliki nilai efisiensi / peningkatan kapasitas bandwidth transponder

## BAB IV KESIMPULAN

1. *Double talk carrier in carrier* (CnC) mampu meningkatkan kapasitas bandwidth hingga 50 persen (secara teori mampu mencapai 50 persen, namun terkadang tidak mencapai 50 persen akibat redaman penyesuaian terhadap spesifikasi satelit tersebut, modulasi dan FEC).
2. Kondisi Link harus dalam kondisi bandwidth limited (modulasi QPSK dan 8PSK) untuk mencapai hasil maksimal dengan kebutuhan power harus kurang dari 50 persen kebutuhan bandwidth, sehingga saat carrier digabungkan menjadi balance.
3. Untuk kondisi link power limited (modulasi QAM FEC 0,75 dan 0,875) maka, penggunaan CnC kurang berpengaruh terhadap penghematan implementasi teknologi CnC Makassar – Jayapura.

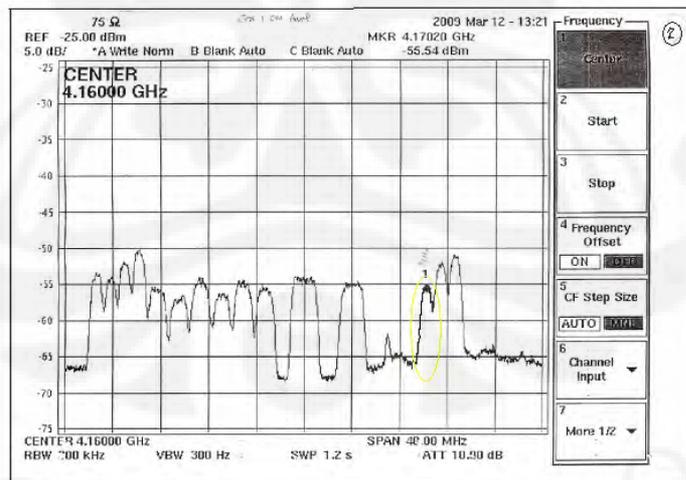
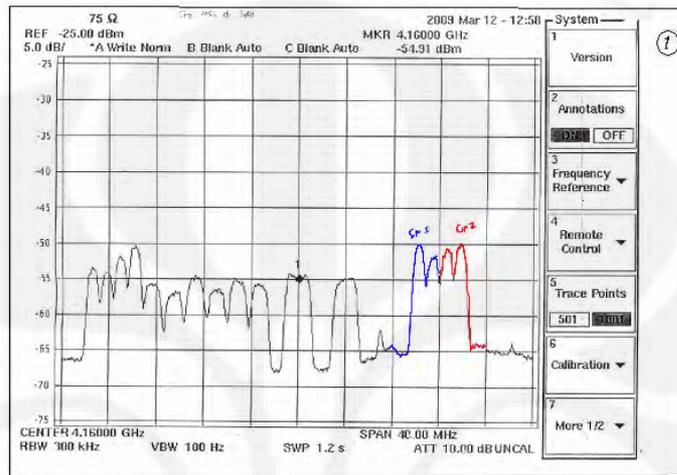
## DAFTAR ACUAN

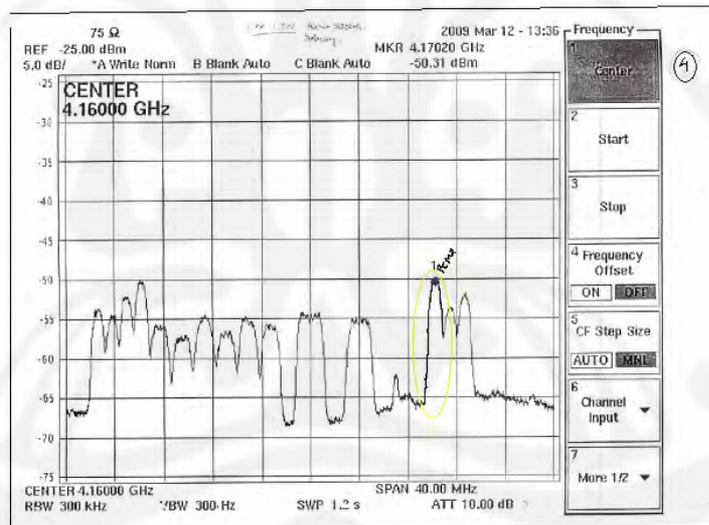
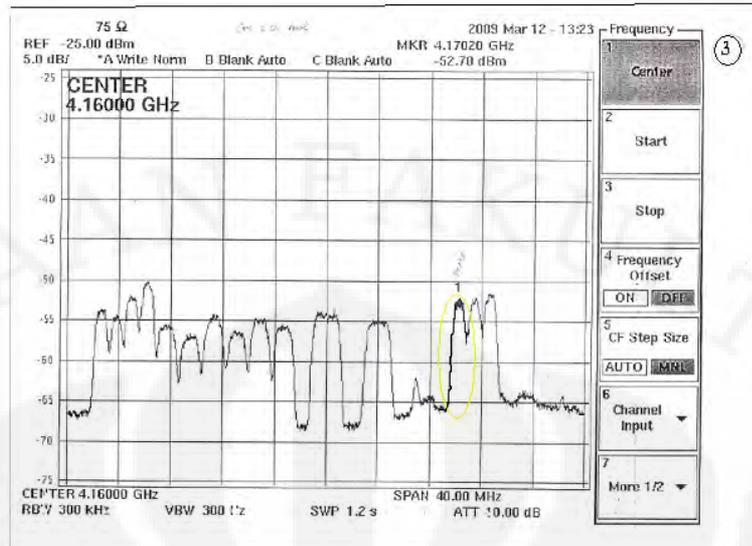
- [1] Gunawan, hendra. 2008. *Implementasi Teknologi Carrier – in – Carrier*. Cibinong. PT Telkom  
Adaptive Canceller For Frequency Reuse System (2007, june 5). *United Stated Patents, US*,  
7,228,104 B2
- [2] Comtech EF Data, *Double Talk Carrier In Carrier, Bandwidth Compression Providing Significant Improvement In Satellite Bandwidth Utilization*, 27 september 2005.
- [3] PCMA – Paired Carrier Multiple Access For Bandwidth Optimizer (2007). Paradise Datacom
- [4] *Data-Data Operasional Modem CnC* (2009). PT. Pasific Satelit Nusantara (PSN) Indonesia
- [5] Adaptive Canceller For Frequency Reuse System (2007, june 5). United Stated Patents.  
7,228,104 B2
- [6] Comtech EF Data, *Optimizing Satellite Communications Using Double Talk Carrier In Carrier & CDM-625 Advance Satellite Modem*. November 2009
- [7] Gerrad maral, bousquet. 2010. *Satellite Communications System 5 edition* .John Wiley & Sons.
- [8] *Waveform Advance For Satellite Data Communications* (2008). Viasat's journal.
- [9] PT. TELEKOMUNIKASI INDONESIA, Tbk divsi infrastruktur satelit. ( 2010, Februari ).*CDM Qx/QxL Satellite Modem With Double Talk Carrier in Carrier*. Modul (Handout In House Training New Satellite Network Technology) dipresentasikan saat training PT. Telkom se-Indonesia, Klapanunggal
- [10] DJ Stepenshon. 2004. *Satmaster Link Budger User Guide*. Arrowe Technical Service

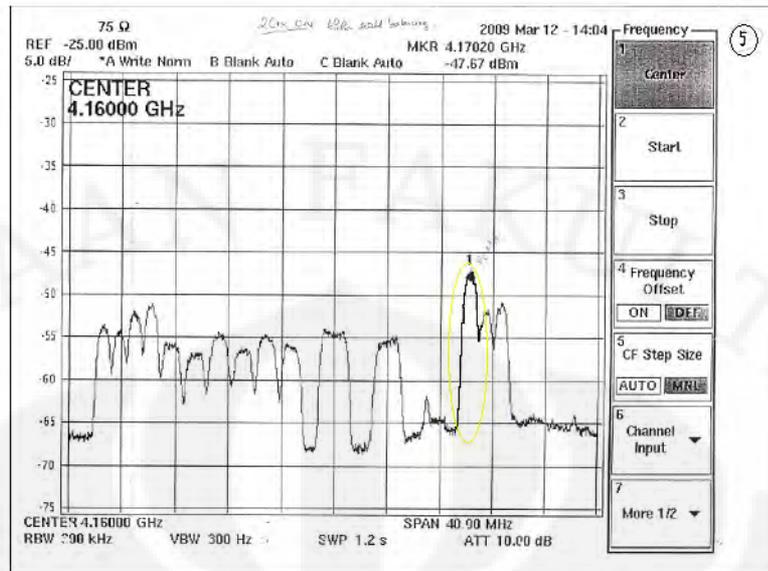
## LAMPIRAN 1 Spesifikasi Modem CnC (CDM Qx)

Berikut ini merupakan spesifikasi dari modem CnC (CDM – Qx) [8]

- A chassis
  - *Multi channel* modem satelit dalam 1 RU size
  - 4 Slots per chassis , masing –masing dapat mendukung modulator dan demodulator card
  - Power supply
  - Papan M & C dengan EIA -232 / 485 dan 10/100 T Ethernet port
  - Tx IF, Rx IF dan Ref
- Kombinasi dari modulator dan / atau demodulator card
  - Interface data
  - Decoder / encoder TPC , viterbi, reed solomon
- Konfigurasi yang valid ( per chassis )
  - 1 – 4 modulator
  - 1-4 demodulator
  - 1 modem
  - 2 modem
- Double talk carrier in carrier license (option)
  - CDM – QX : 50 – 90 , 100 – 180 MHz
  - 75 ohm, BNC
  - 50 Ohm BNC
  - CDM - QXL : 950 – 1950 MHz
  - 50 ohm , type N female
  - Primary power supply
  - 100 – 240 VAC atau -48 VDC
  - BUC power supply option (CDM – QXL)
  - *Internal Redundancy Option* untuk modulator dan / atau demodulator card
- Date rate mencapai 20 Mbps







### LAMPIRAN 3 Tahapan Simulasi Dengan Software Satmaster Pro

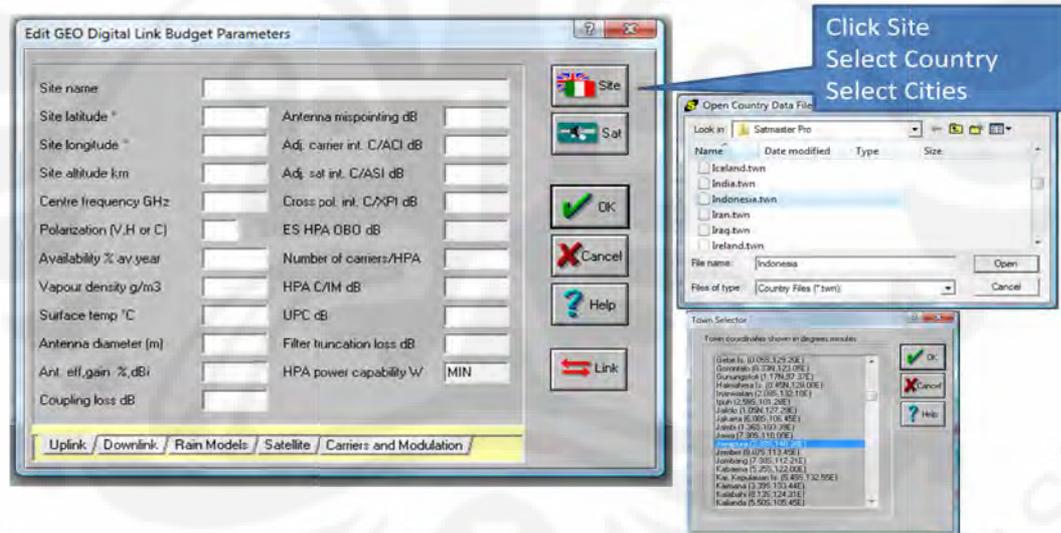
Software Satmaster merupakan tools yang secara umum digunakan di dalam industry satelit. Software tersebut sangat power full dalam penghitungan link budget satelit. Terdapat beberapa modul link budget yang berdasarkan ITU R P. 168-8. Satmaster merupakan integrasi dari beberapa fungsi matematika dalam penghitungan link budget, terupdate untuk jenis-jenis satelit di dunia, terupdate untuk kota didunia, dan pengoperasiannya yang sangat mudah (*user friendly*) [10].

Perhitungan link budget dilakukan dengan metode computing (menggunakan Software Satmaster Pro). Beberapa tahap penggunaan software tersebut untuk contoh implementasi CnC link A (Jayapura ke Makassar) modulasi QPSK  $\frac{3}{4}$ , sebagai berikut :

#### Tahap 1

Membuka file satwin.exe,

Selanjutnya file – new



**Edit GEO Digital Link Budget Parameters**

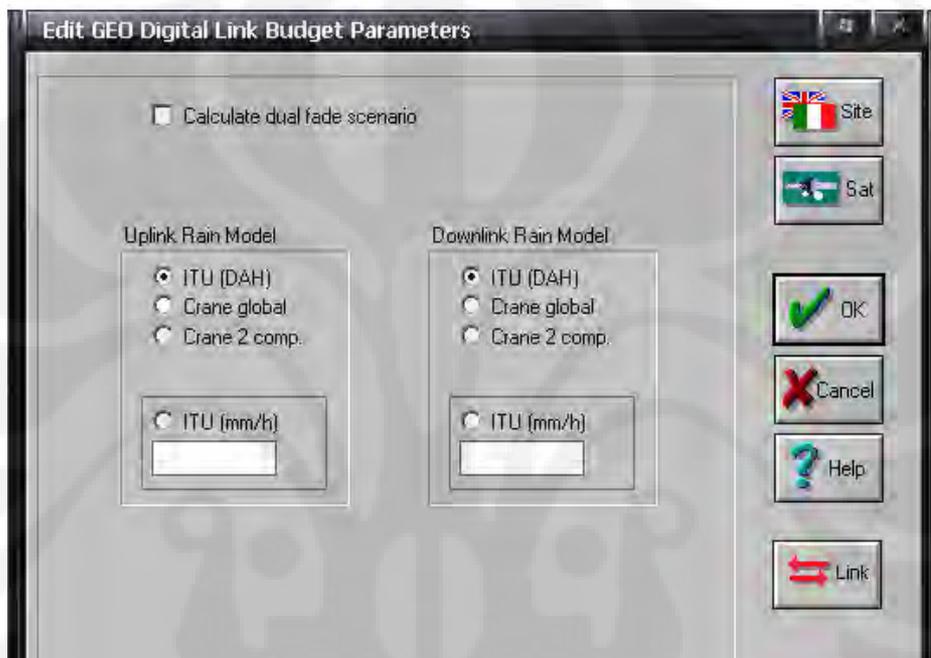
Site name	Jayapura, Indonesia			 Site
Site latitude °	2.47S	Antenna mispointing dB	0.5	 Sat
Site longitude °	140.63E	Adj. carrier int. C/ACI dB	25	 OK
Site altitude km	0	Adj. sat. int. C/ASI dB	29	
Centre frequency GHz	6.225	Cross pol. int. C/XPI dB	30	 Cancel
Polarization (V,H or C)	H	ES HPA OBD dB	0	
Availability % av. year	99.96	Number of carriers/HPA	1	 Help
Vapour density g/m3	23.02	HPA C/IM dB	28	
Surface temp °C	25	UPC dB	0	 Link
Antenna diameter (m)	5	Filter truncation loss dB	0	
Ant. eff. gain % dBi	65	HPA power capability W	MIN	
Coupling loss dB	0.5			

Uplink / Downlink / Rain Models / Satellite / Carriers and Modulation

**Edit GEO Digital Link Budget Parameters**

Site name	Ujung Pandang, Indonesia			 Site
Site latitude °	5.15S	Antenna mispointing dB	0.5	 Sat
Site longitude °	119.47E	LNB noise fig. temp dB,K	+35	 OK
Site altitude km	0	Antenna noise temp. K	35	
Centre frequency GHz	4	Adj. carrier int. C/ACI dB	25	 Cancel
Polarization (V,H or C)	H	Adj. sat. int. C/ASI dB	27	
Availability % av. year	99.96	Cross pol. int. C/XPI dB	30	 Help
Vapour density g/m3	23.02			
Surface temp °C	25			 Link
Antenna diameter (m)	3.8			
Ant. eff. gain % dBi	65			
Coupling loss dB	0.5			

Uplink / Downlink / Rain Models / Satellite / Carriers and Modulation



**Edit GEO Digital Link Budget Parameters**

Satellite name	TELKOM-2	Transponder Type
Satellite longitude °	118E	
G/T receive dB/K	0.9	<input checked="" type="radio"/> TWTA
SFD dBW/m2	-104.6	<input type="radio"/> SSPA
Attenuator setting dB	14	
ALC dB	0	
EIRP (saturation) dBW	39.8	
Tpdr. bandwidth MHz	36	
Transponder IBO dB	6	
Transponder OBO dB	4	
Tpdr. intermod C/IM dB	24	
Number of Carriers / tpdr	AUTO	

Uplink / Downlink / Rain Models / **Satellite** / Carriers and Modulation

**Edit GEO Digital Link Budget Parameters**

Service name	JAYAPURA ke MAKASSAR (Link A), QPSK 3/4	Transponder Power Usage
Coverage	INDONESIA	
Required Eb/No dB	4.4	<input checked="" type="checkbox"/> Underuse, if bandwidth limited
Log bit error rate	-8	Modulation
Info. rate Mbps	2.048	
Overhead % info rate	0	<input type="radio"/> BPSK
FEC code rate	0.75	<input checked="" type="radio"/> M-PSK
Spreading Gain dB	0	<input type="radio"/> M-QAM
RS code (n/k)	1	M= 4
(1 + Roll off factor)	1.2	
Carrier spacing factor	1.4	
BW allocation step MHz	0	
System margin dB	0	

Uplink / Downlink / Rain Models / Satellite / **Carriers and Modulation**

Mode	Eb/No at BER = 10 <sup>-6</sup> Guaranteed (Typical in parentheses)	Eb/No at BER = 10 <sup>-8</sup> Guaranteed (Typical in parentheses)
QPSK Rate 1/2 Viterbi	6.0 dB (5.5 dB)	7.3 dB (6.8 dB)
QPSK/OQPSK Rate 1/2 Turbo	3.5 dB (3.2 dB)	3.6 dB (3.4 dB)
QPSK/OQPSK Rate 3/4 Turbo	3.8 dB (3.3 dB)	4.4 dB (4.0 dB)
QPSK/OQPSK Rate 7/8 Turbo	4.3 dB (4.0 dB)	4.5 dB (4.2 dB)
8-PSK Rate 3/4 Turbo	6.7 dB (6.3 dB)	7.4 dB (7.0 dB)
8-PSK Rate 7/8 Turbo	7.3 dB (7.0 dB)	7.5 dB (7.2 dB)
16-QAM Rate 3/4 Turbo	7.7 dB (7.3 dB)	8.5 dB (8.1 dB)
16-QAM Rate 7/8 Turbo	8.4 dB (8.1 dB)	8.7 dB (8.3 dB)

**LAMPIRAN 5**  
**Contoh Hasil Perhitungan Link Budget**  
**Dengan Satmaster Pro Untuk Modulasi QPSK, FEC 0,75**



**Universitas Indonesia**