

## BAB 2

### DASAR TEORI

#### 2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian [6] *High Throughput Satellite* atau biasa dikenal dengan HTS dapat diartikan sebagai sistem satelit yang menggunakan *spot Beam* dengan *coverage area* yang luas untuk mendistribusikan layanan ke area yang dicover oleh *Spot Beam* tersebut. HTS menyediakan layanan area layanan dengan *throughput* tinggi dan biaya *bit* lebih rendah di area cakupan. Saat ini, sebagian besar satelit *Ku-band* di orbit menyediakan jangkauan yang luas untuk layanan penyiaran video, sehingga terdapat peluang pasar yang berkembang untuk satelit yang memanfaatkan teknologi HTS *Spot Beam* untuk menyediakan layanan data broadband.

Penelitian [2] bertujuan untuk membangun model analisis sistem untuk mengukur efektivitas fleksibilitas frekuensi sistem komunikasi satelit. Selanjutnya, dengan mengevaluasi efektivitas teknologi fleksibilitas frekuensi dan secara kuantitatif menunjukkan validitas teknologi tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada hubungan antara permintaan komunikasi yang dibangkitkan dengan jumlah *traffic loss* dari *bent-pipe satellite* arus dan satelit dengan DC. Dengan memanfaatkan evaluasi kuantitatif, dimungkinkan untuk membandingkan biaya pengembangan teknologi fleksibilitas frekuensi dan keefektifannya. Di masa mendatang, tujuannya adalah membuat model analisis sistem yang lebih canggih. Dalam model analisis sistem yang canggih, parameter lingkungan dinamis seperti redaman hujan diperhitungkan untuk mengevaluasi keefektifan fleksibilitas frekuensi ketika terjadi perubahan kondisi.

Penelitian [5] membahas *link budget* dan *layout Beam* berdasarkan kebutuhan *traffic* pada masing-masing *Beam* yang mungkin berbeda tiap area. Adapun Aspek ekonomi yang dibahas adalah *Payback Period* (PBP), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Net Present Value* (NPV). Data yang diperoleh dari *link budget* adalah EIRP: 65 dBi, G / T: 22 dB, frekuensi U / L: 27,25 GHz, frekuensi D / L: 19,95 GHz, dan efisiensi antena: 65 dB. Parameter tersebut menunjukkan kelayakan implementasi HTS di Indonesia. Tata letak *Beam* yang dirancang menggunakan *Ka-Band* dengan 43 *spot Beam* dan 6 *gateway* dengan total kapasitas 36,5 Gbps. Dari

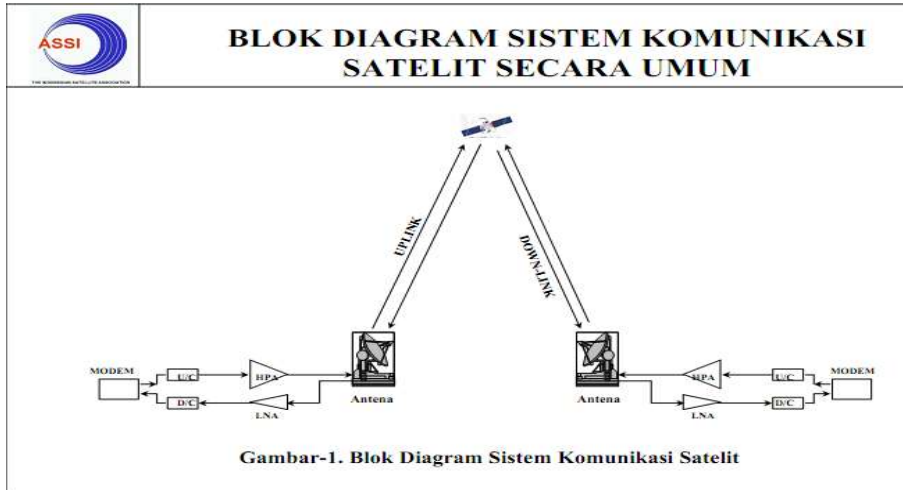
perhitungan keekonomian, proyek tersebut dinyatakan layak, diketahui dari NPV \$ 13.763.883,58 lebih besar dari nol, IRR 18%, lebih besar dari tingkat rintangan yang dipersyaratkan oleh PT. Telkom dan *Payback Period* adalah 8,84 tahun, kurang dari umur satelit selama 15 tahun.

## 2.2 DASAR TEORI

### 2.2.1 Sistem Komunikasi Satelit

Satelit komunikasi adalah pesawat ruang angkasa yang berputar di sekeliling Bumi. Pesawat ruang angkasa ini membawa peralatan pemancar dan penerima gelombang mikro, yang memiliki kemampuan untuk mengirimkan sinyal dari satu tempat ke tempat lain di Bumi dengan menggunakan frekuensi gelombang mikro. Frekuensi gelombang mikro juga diperlukan untuk menangani sinyal berjalur lebar yang banyak digunakan dalam jaringan komunikasi modern. [7]

Seperti pada Gambar 2.1 Blok Diagram Sistem Komunikasi Satelit, secara umum sistem komunikasi satelit terdiri dari dua bagian, yaitu bagian angkasa (*space segment*), yang terdiri dari satelit, dan bagian bumi (*ground segment*), yang terdiri dari terminal pengguna, stasiun bumi, dan jaringan. Bagian angkasa terdiri dari satelit, yang merupakan benda angkasa yang mengelilingi benda angkasa lainnya yang berfungsi memancarkan kembali (*relaying*) sinyal-sinyal yang diterima dari bumi. Suatu satelit harus didukung oleh perangkat yang handal agar dapat melakukan fungsinya dengan baik. Namun, pada hakikatnya stasiun bumi berfungsi sebagai jaringan lanjutan untuk menghubungkan terminal pengguna seperti pusat komputer, televisi, dan sentral telepon. Untuk berkomunikasi, perangkat pendukung stasiun bumi juga diperlukan. [7]



**Gambar 2.1 Blok Diagram Sistem Komunikasi Satelit [8]**

### 2.2.1.1 Pengenalan *Space Segment*

Ruas Angkasa yaitu meliputi segala hal yang terkait dengan satelit. Sistem satelit dapat bersifat domestik, regional (daerah) atau global (untuk seluruh dunia). Jangkauan pelayanan dari suatu sistem satelit domestik adalah terbatas pada negara yang memiliki sistem tersebut, sistem regional melibatkan dua negara atau lebih sedangkan sistem global mempunyai sifat antar benua.

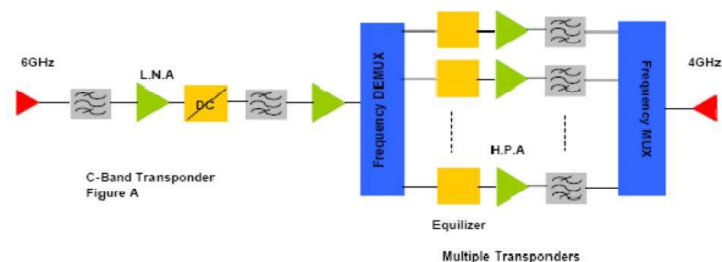
Satelit termasuk repeater aktif yang berarti bahwa sinyal yang diterima satelit akan dipancarkan kembali ke bumi namun sinyal tersebut telah mengalami penguatan di satelit. Ini berarti bahwa satelit harus mempunyai antenna pemancar beserta HPA (*High Power Amplifier*) dan antenna penerima beserta LNA (*Low Noise Amplifier*) yang sangat terarah, serta rangkaian-rangkaian interkoneksi (*multiplexer*) yang kompleks. Diperlukan juga mekanisme pengatur posisi dan control yang teliti bagi satelit. Keperluan *power supply* bagi peralatan tersebut biasanya diperoleh dari susunan sel *solar* dengan baterai cadangan untuk pelayanan pada saat terjadinya gerhana satelit.

Satelit mempunyai dua *subsystem*, yaitu :

1. *Bus System*, yang terdiri dari :

1. *Structure subsystem*,
2. *Electric Power Subsystem* (EPS), berfungsi sebagai berikut :

- Menghasilkan, mengkondisikan dan mengatur *power supply*.
  - Menyimpan *power* untuk keperluan *eclipse*.
3. *Propulsion Subsystem*, berfungsi untuk menjaga kestabilan satelit, mengontrol *spin* dan untuk mengeksekusi manuver yang dijalankan dari *ground station*.
  4. *Thermal Subsystem*, berfungsi untuk menjaga temperature dari seluruh bagian *spacecraft*.
  5. *Attitude Control Subsystem*, berfungsi untuk menentukan, memantau dan mengontrol perilaku *spacecraft* dan orientasinya agar tetap mengarah atau tetap pointing ke bumi. Referensi yang digunakan sensor pada satelit untuk tetap berorientasi ke bumi diantaranya menggunakan radiasi matahari dan bumi.
  6. TT&C (Telemetry Tracking & Command), merupakan stasiun bumi yang dilengkapi dengan komputer dan dukungan personel yang dapat menentukan status dari *payload* dan *bus*.
2. *Payload System*, disebut juga dengan *transponder* yang mencakup TWTA/SSPA. *Transponder* adalah *Transmitter and Responder (Receiver) Unit*, yang menerima sinyal RF dari Bumi, memfilternya dan mengubahnya menjadi frekuensi *downlink* dan mengirimkan kembali ke Bumi. Stuktur dari Transponder ditunjukkan seperti pada Gambar 2.2 *Transponder Satelit*. [9]



**Gambar 2.2 Transponder Satelit [9]**

Koordinasi dari pelayanan satelit dilakukan oleh ITU (*International Telecommunication Union*) yang berpusat di Geneva. Secara teratur, konferensi WARC (*World Administrative Radio Conferences*) dan RARC (*Regional Administrative Radio Conference*) diadakan untuk menghasilkan rekomendasi mengenai daya radiasi, frekuensi dan posisi orbit dari berbagai satelit Tabel 2.1 Frekuensi – Frekuensi Satelit menunjukkan frekuensi-frekuensi satelit yang terpakai saat ini. [7]

**Tabel 2.1 Frekuensi – Frekuensi Satelit [7]**

<b>Frekuensi Band</b>	<b>Frekuensi Range</b>
<i>L Band</i>	1 to 2 GHz
<i>S Band</i>	2 to 4 GHz
<i>C Band</i>	4 to 8 GHz
<i>X Band</i>	8 to 12 GHz
<i>Ku Band</i>	12 to 18 GHz
<i>K Band</i>	18 to 26 GHz
<i>Ka Band</i>	26 to 40 GHz
<i>V Band</i>	40 to 75 GHz

### 2.2.1.2 Orbit Satelit

Satelit diluncurkan dengan roket pembawa, satelit ditempatkan pada ketinggian tertentu, dan satelit mengorbit bumi. Posisi di mana satelit mengorbit Bumi disebut orbit. Karena gaya sentripetal satelit dan gravitasi bumi, satelit akan tetap berada pada porosnya. [10]

Menentukan posisi orbit dan kecepatan satelit sangat penting dan sangat mendasar saat membangun satelit karena menentukan area cakupan bumi dan kehilangan latensi. [10]

Menurut ketinggian orbit satelit, itu dapat dibagi menjadi beberapa kategori berikut:

#### 1. Orbit Bumi Rendah (LEO)

Orbit rendah adalah orbit mengelilingi Bumi antara atmosfer dan sabuk radiasi Van Allen, dengan kemiringan rendah. Batas ini tidak ditentukan secara tepat, tetapi biasanya terletak sekitar 200-1200 kilometer (124-726 mil) di atas permukaan bumi.

Orbit ini biasanya lebih rendah dari *Intermediate Circular Orbit (ICO)* dan jauh lebih rendah dari Orbit Geostasioner. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3 Orbit Rendah. [10]



**Gambar 2.3 Orbit Rendah [10]**

## 2. Orbit Bumi Sedang (MEO)

Orbit tengah merupakan orbit berongga yang mengorbit satelit pada ketinggian 9.656 kilometer hingga 19.312 kilometer dari permukaan bumi. Di orbit ini, stasiun bumi dapat melihat satelit selama sekitar 2 jam atau lebih. Dibutuhkan 2 hingga 4 jam untuk mengelilingi bumi sekali. Contoh orbit MEO semacam itu adalah satelit ICO (*Intermediate Circular Orbit, INMARSAT*) seperti pada Gambar 2.4 Orbit Menengah. [10]

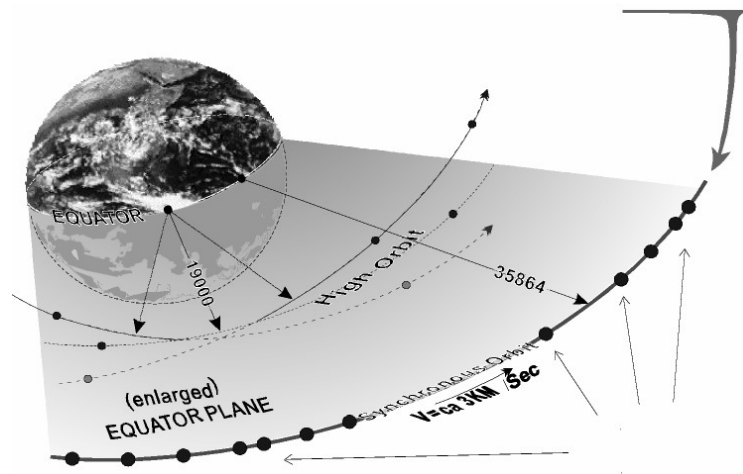


**Gambar 2.4 Orbit Menengah [10]**

## 3. Orbit Geostasioner (GEO)

Orbit geostasioner mengorbit Bumi selama 24 jam dan relatif stasioner (berputar searah dengan rotasi Bumi) relatif terhadap Bumi karena objek mengorbit Bumi dengan periode yang sama dengan rotasi Bumi. Umumnya ditempatkan sejajar dengan ekuator Bumi. Karena relatif diam terhadap bumi, maka luas bumi tidak akan

berubah. Jaraknya dari permukaan bumi sekitar 35.786 kilometer. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5 Orbit Geostasioner. [10]

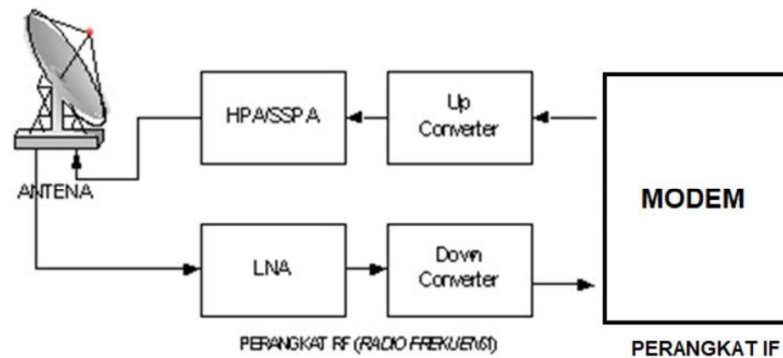


**Gambar 2.5 Orbit Geostasioner [10]**

### 2.2.1.3 Pengenalan *Ground Segment*

Bagian bumi atau *Ground Segment* adalah perangkat-perangkat yang berada di bagian bumi, pada umumnya bagian *Ground Segment* ini dikategorikan menjadi dua bagian yaitu : [11]

1. SPU (Stasiun Pengendali Utama) adalah perangkat-perangkat yang berfungsi untuk mengendalikan dan mengontrol satelit. Di Telkomsat sendiri untuk SPU berada di kantor SPU Cibinong.
2. Stasiun Bumi adalah terminal yang digunakan untuk komunikasi dua arah baik sebagai pemancar atau *transmitter* dan penerima atau *receiver*. [11]



**Gambar 2.6 Konfigurasi umum perangkat *Ground Segment* [11]**

Pada Gambar 2.6 Konfigurasi umum perangkat *Ground Segment* menunjukkan gambaran umum pada satu *ground segment*, yang terdiri dari dua bagian yaitu perangkat *indoor* atau *indoor unit* (IDU) dan perangkat *outdoor* atau *outdoor unit* (ODU). *Indoor unit* adalah perangkat dasar penyusunan stasiun bumi yang umumnya bersifat sensitif terhadap air dan suhu sehingga harus terpasang di dalam ruangan. Adapun contohnya yaitu perangkat *modem*, *up converter*, *down converter* dan HPA. Sedangkan *Outdoor unit* atau ODU adalah perangkat yang memang dirancang untuk tahan dengan air dan suhu sehingga penggunaannya berada di luar ruangan, seperti *Antenna* parabola, LNA/LNB, BUC.

### 2.2.2 *High Throughput Satellite (HTS)*

*High Throughput Satellite* atau HTS dapat didefinisikan sebagai sistem satelit yang memanfaatkan sejumlah besar *spot Beam* yang dibatasi secara geografis yang didistribusikan pada area layanan tertentu, menawarkan cakupan yang berdekatan (atau tidak bersebelahan) dari area layanan tersebut dan menyediakan kapasitas sistem dan *throughput* yang tinggi.[6]

Beberapa satelit yang sudah support sistem *High Throughput Satellite* (HTS) diantaranya adalah Satelit Nusantara 1 milik PSN, Satelit Apstar 5C, Satelit Kacific1, dan masih banyak lainnya.

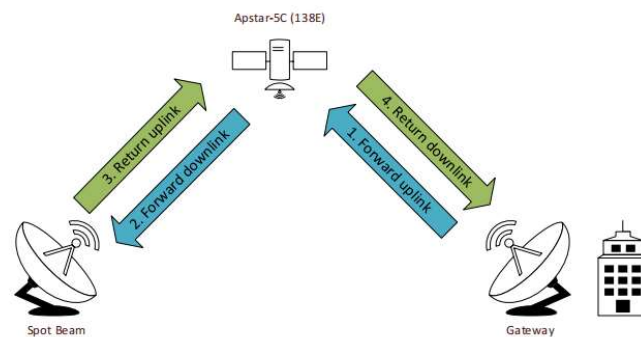
Sistem HTS dapat diklasifikasikan sebagai berikut: Sistem *Spot Beam* Ka-band, sistem *Spot Beam* besar (*wideBeam*) Ka-band, dan sistem *Spot Beam* Ku-



*band*. Pada tahun 1990-an, beberapa operator satelit berusaha untuk menawarkan kapasitas *Ka-band* dengan menggunakan *payload* *Ka-band* kecil pada satelit berfokus pada *C-* atau *Ku band*; *Ka-band Beam* biasanya merupakan *Beam wide area* dengan sedikit atau tanpa penggunaan kembali frekuensi - pendekatan *Beam area* lebar ini memiliki daya tarik komersial yang terbatas. Hal ini terjadi karena total biaya untuk merancang, membangun, dan meluncurkan satelit kira-kira apakah sama dengan mengoptimalkan kapasitas satelit dengan banyak *Beam* atau untuk jangkauan beberapa *Beam*. Untuk mencapai tingkat penggunaan ulang frekuensi yang tinggi, geografi yang lebih luas tidak lagi dicakup oleh *Beam* tunggal yang besar, tetapi oleh sejumlah besar *Beam Spot* daya tinggi yang sedikit tumpang tindih. Hasilnya, biaya untuk desain HTS secara signifikan lebih rendah daripada satelit yang dioptimalkan untuk cakupan *broadcast* yang luas. [6]

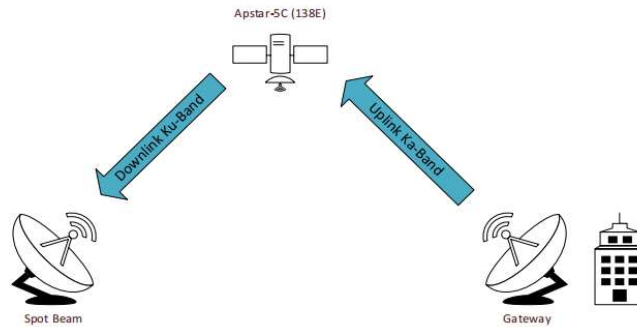
### 2.2.2.1 Satelit Apstar 5C

Satelit Apstar 5C atau Telstar-18V beroperasi pada slot orbit 138E dilengkapi dengan *C-Band*, *Ku-Band* regional *Beam* dan *Ku-Band Payload* HTS, menyediakan layanan transponder berdaya tinggi kepada pelanggan di seluruh wilayah Asia-Pasifik untuk aplikasi VSAT, distribusi video, DTH, maritim, dan *broadBand*. [12] Pada sistem HTS *project Leased Capacity* BAKTI Kominfo menggunakan konfigurasi *forward* dan *return path* seperti pada ilustrasi gambar 2.7 Konfigurasi *Forward* dan *Return path*.



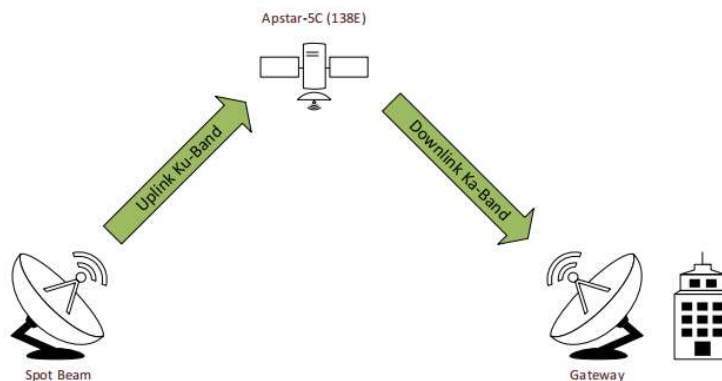
**Gambar 2.7 Konfigurasi *Forward* dan *Return path* [12]**

*Forward link* adalah *uplink* dari *gateway* dengan menggunakan frekuensi *Ka-Band* (27.6 sampai 30.0GHz) dan *downlink* ke *spot Beam* dengan menggunakan frekuensi standar *Ku-Band* (12.25 - 12.75GHz). frekuensi *Forward Uplink Ka-Band* adalah *circular* dan akan diubah menjadi frekuensi *Ku-Band linier* pada satelit di jalur *Forward Downlink*, ilustrasi ditunjukkan seperti pada Gambar 2.8 Jalur dari *Gateway station ke remote* [12]



**Gambar 2.8 Jalur dari *Gateway station ke remote* [12]**

*Return link* adalah *uplink* dari *spot Beam* dengan menggunakan standar frekuensi *Ku-Band* (14.0 - 14.5GHz) dan *downlink* ke *gateway* dengan menggunakan frekuensi *Ka-Band* (18 sampai 19.95GHz). *Return uplink* frekuensi *Ku-Band* adalah *linier* dan akan diubah menjadi frekuensi *Ka-Band circular* di satelit di jalur *Return Downlink*, seperti pada Gambar 2.9 Jalur dari *remote station ke gateway*. [12]

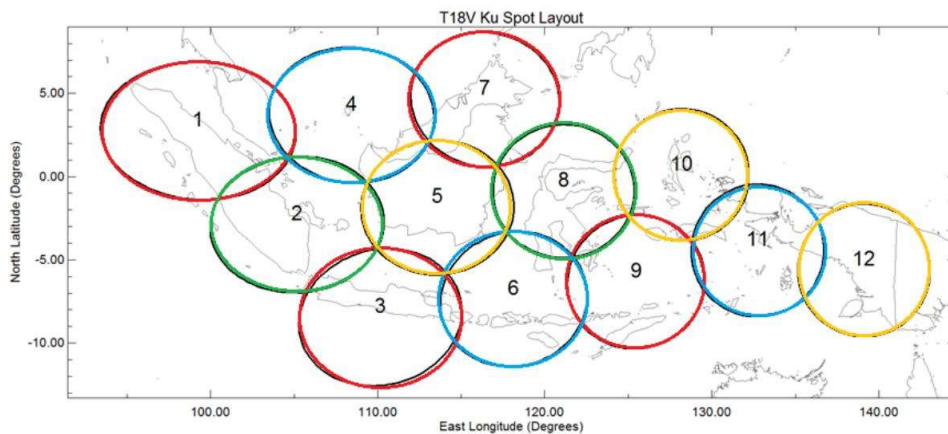


**Gambar 2.9 Jalur dari *remote station ke gateway* [12]**

### 2.2.2.2 Spot Beam Coverage

*Spot Beam* adalah area penerimaan sinyal diskrit di lapangan dan penerimaan misi transmisi diskrit di pesawat ruang angkasa seperti yang diterapkan oleh struktur antena pendukung. *Spot Beam* dalam komunikasi satelit, satelit hanya menyediakan cakupan sebagian bumi, biasanya negara atau anak benua, dengan menggunakan *Beam* berbentuk baris atau lingkaran yang menunjuk ke wilayah geografis yang berbeda. Teknik *multi Beam* mendukung penggunaan kembali frekuensi untuk *Beam* yang berbeda, sehingga secara efektif meningkatkan kapasitas sistem total. [6]

*Payload* HTS pada satelit Apstar 5C terdapat 12 *spot Beam* yang mengcover seluruh wilayah di Indonesia seperti pada Gambar 2.4. Pada penelitian ini mengambil sampel *Spot Beam* 2 dan *Spot Beam* 3 sebagai bahan penelitian.



**Gambar 2.10 Pembagian *Spot Beam* satelit Apstar 5C [12]**

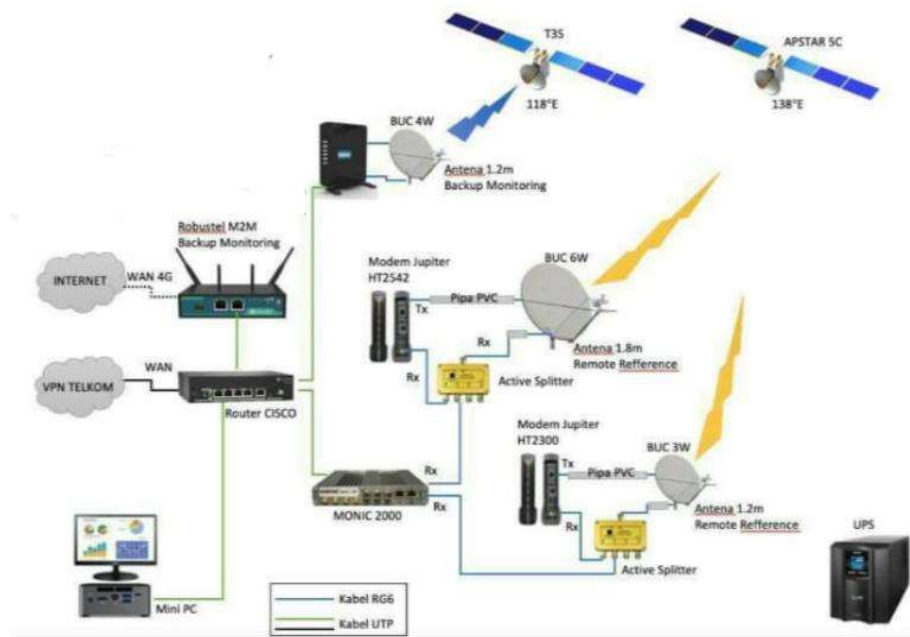
Pada Gambar 2.10 Pembagian *Spot Beam* satelit Apstar 5C menunjukkan lingkaran merah (*Spot* 1, 3, 7, 9) dan lingkaran Hijau (*Spot* 2, 8) berbagi rentang frekuensi Ku-Band yang sama, tetapi polarisasi berbeda untuk diisolasi. Oleh karena itu, area yang tumpang tindih dapat menyebabkan interferensi *Cross-Pol uplink*. [12]

Teknik *reuse* frekuensi ini juga diterapkan pada lingkaran Biru (*Spot* 4, 6, 11) dan lingkaran Orange (*Spot* 5, 10, 12). Untuk tes CPI *uplink*, perlu memeriksa *cross-pol* di *Beam* yang sesuai, yang menggunakan rentang frekuensi Ku-Band yang sama. Misal, *remote site* terletak di area yang tumpang tindih antara *Beam* 1

dan 4, dan akan terhubung ke *Beam* 1 maka perlu memeriksa cross-pol di *Beam* 2, bukan *Beam* 4. [12]

### 2.2.2.3 Remote Reference

Pada setiap *spot Beam* terdapat *ground station* yang disebut sebagai *Remote Reference* atau RR yang berfungsi sebagai acuan instalasi *remote site* baru dan alat ukur SLA LC BAKTI. Terdapat dua *Remote Reference* pada setiap *spot Beam* yang diletakan di tengah (*center*) *Beam* dan di ujung (*edge*) *Beam*.



**Gambar 2.11 Topologi Ground Station Remote Reference**

Pada Gambar 2.11 Topologi *Ground Station Remote Reference* menunjukkan bahwa pada satu *Spot Remote Reference* terinstall tiga *Antenna* parabola, yaitu dua *Antenna* berdiameter 1,2 meter dan satu *Antenna* berdiameter 1,8 meter. Salah satu antenna berdiameter 1,2 meter yang mengarah ke satelit Telkom 3S berfungsi sebagai *backup* koneksi internet untuk interkoneksi ke perangkat *server* di kantor Telkomsat Bogor. Adapun terpasang modem M2M sebagai *backup* koneksi internet monitoring dan VPN Telkom sebagai jalur internet *main*.

*Remote Reference Beam 2* terdapat di kantor operasional Telkomsat Bogor yang merupakan *Spot Edge Beam* dari *Beam 2* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.12 Antena 1,2 meter *Remote Reference AI* Bogor. Dan *Remote Reference Beam 3* terdapat di kantor operasional Telkomsat Surabaya yang terletak di *Edge Beam* dari *Beam 3*.



**Gambar 2.12 Antena 1,2 meter *Remote Reference AI* Bogor**

Pada Gambar 2.13 Antena 1,8 meter *Remote Reference BB* Bogor menunjukkan *Antenna* berdiameter 1,2 meter menggunakan BUC 3 watt dan LNB tipe PLL digunakan sebagai *Remote Reference* untuk *link* Akses Internet (AI), seperti pada Gambar 2.14 Antena 1,8 meter *Remote Reference BB* Bogor. Dan Antena berdiameter 1,8 meter menggunakan BUC 6 watt dan LNB tipe PLL digunakan sebagai *Remote Reference* untuk *link* BTS *Blankspot* (BB) mengarah ke satelit Apstar 5C.

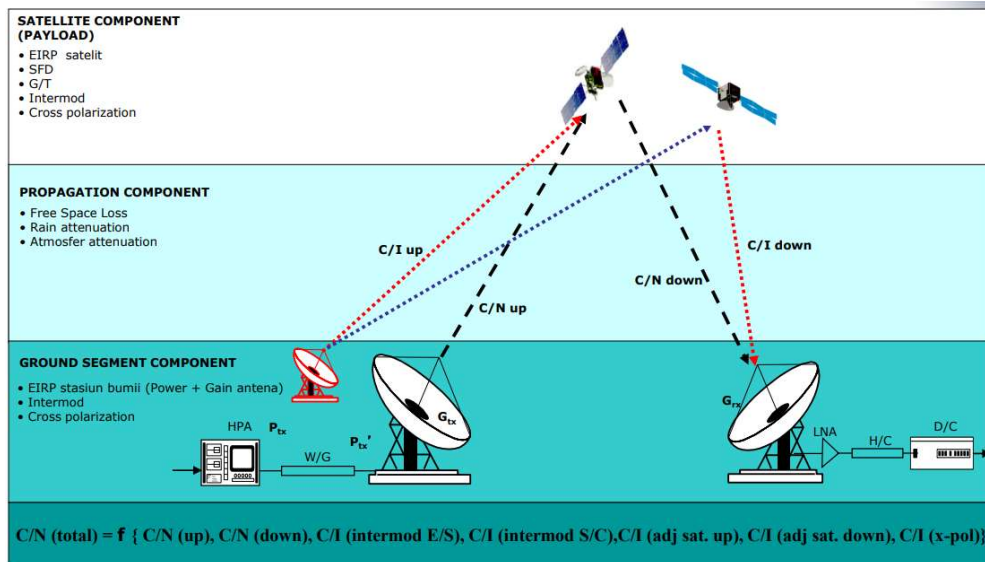


**Gambar 2.13** Antena 1,8 meter *Remote Reference* BB Bogor

### 2.2.3 *Link Budget Analyst*

Perhitungan *Link Budget* adalah skenario realistis yang menunjukkan komunikasi antara satelit dan stasiun bumi dengan ukuran antena terima yang tersedia dan ketersediaan di atas 98%. [13] Perhitungan Link Budget sangat diperlukan untuk menghitung daya yang diterima di *receiver*, kita perlu melipatgandakan daya pancar dengan semua keuntungan dan kerugian dalam jaringan satelit.

Pada perhitungan *link budget*, terdapat beberapa faktor atau komponen yang disertakan, yaitu ground segment yang meliputi *modulator/demodulator*, frekuensi *up/down converter*, *High Power Amplifier/Low Noise Amplifier*, *Feeder Link*, *Earth Station Antenna*. Adapun di *medium segment* yaitu *Earth Atmosphere* dan *space*. Serta pada *space segment* yang meliputi *transponder* satelit atau *Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)*, seperti pada Gambar 2.14 *Link Budget Elements*.



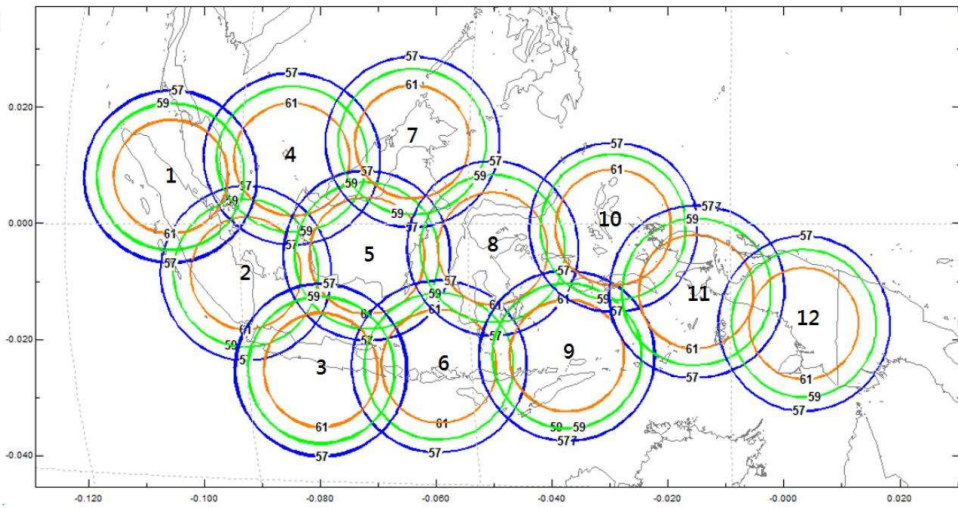
Gambar 2.14 Link Budget Elements [14]

Dari hasil perhitungan *link budget* akan dapat nilai-nilai yang ideal dan efisien serta dapat menentukan penggunaan *Antenna* pada *ground segment*, perangkat *transmitter* dan *receiver*, serta jenis modulasi dan demodulasi yang digunakan.

### 2.2.3.1 Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) Satelit

*Effective Isotropic Radiated Power* (EIRP) Satelit merupakan besarnya nilai dari *power* satelit (keluaran *amplifier* satelit) untuk memancarkan frekuensi *downlink* ke stasiun bumi penerima. Ini dapat dilihat dari *footprint* satelit yang memuat nilai EIRP pada setiap daerah yang berbeda-beda. [8]

Pada satelit Apstar 5C terdapat 12 *Beam* beserta nilai EIRP Satelit pada tiap-tiap *spot Beam* seperti pada Gambar 2.15 *Spot Beam footprint* EIRP pada satelit Apstar 5C .



**Gambar 2.15 Spot Beam footprint EIRP pada satelit Apstar 5C [12]**

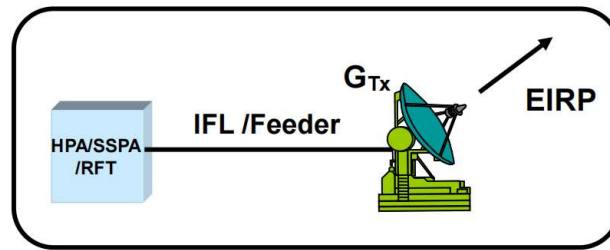
Untuk *circle* berwarna *orange* memiliki nilai nilai EIRP Satelit 61 dBW, *circle* berwarna hijau memiliki nilai EIRP 59 dBW dan *circle* berwarna biru bernilai 57 dBW. Semakin mendekati *center of Beam* maka kualitas sinyal komunikasi satelit semakin baik dan semakin menjauh letak *antenna Ground Segment* dari *center of Beam* maka kualitas sinyal komunikasi satelit akan semakin kurang. Untuk letak *ground segment RR Beam 2* Bogor dan *RR Beam 3* Surabaya masih termasuk di *center of Beam*.

### 2.2.3.2 EIRP Uplink

*Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) Uplink* adalah parameter penting yang mencirikan antena pemancar dari frekuensi radio *link* satelit. Selama fase komisi satelit, kepatuhan persyaratan subsistem komunikasi diuji. Salah satu tes yang diperlukan menyangkut EIRP antena pemancar satelit. Pengukuran daya berbasis darat dari sinyal yang dipancarkan satelit dikumpulkan untuk mengukur EIRP yang valid.

EIRP adalah daya efektif yang dipancarkan dari antena pemancar, sebagai besarnya daya yang ditransmitkan ke *feeder* ditambah *Gain* antena pancar. [14]





**Gambar 2.16 EIRP Uplink [14]**

Berdasarkan Gambar 2.16 EIRP Uplink, untuk mendapatkan nilai ERIP Uplink dapat menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$EIRP_{uplin} = Output \text{ daya HPA (dBm)} - LossFedder (dB) + Gain \text{ Antena (dBi)} \quad (2.1)$$

### 2.2.3.3 Slant Range atau jarak stasiun bumi ke satelit

Jarak satelit ke stasiun bumi dari satelit geosinkronus seperti terlihat pada gambar (2.3) dapat dihitung dengan persamaan : [15]

$$d^2 = [(Re + H)^2 + Re^2 - 2x Re x (Re + H) x \sin\{E + \sin^{-1}(\frac{Re}{Re+H} \cos E)\}] \quad (2.2)$$

Dimana :

$d$  = Jarak satelit ke stasiun bumi [km]

$Re$  = Jari-jari bumi (6.378,14 km)

$E$  = Sudut elevasi [derajat]

$H$  = Ketinggian orbit geostasioner (35.855 km)

$y$  = Sudut coverage [derajat]

$\phi_i$  = Posisi lintang (*latitude*) stasiun bumi [derajat]

$\phi_L$  = Posisi bujur (*longitude*) stasiun bumi [derajat]

$\phi_s$  = Posisi bujur (*longitude*) satelit [derajat]

### 2.2.3.4 Antena Gain

Antena Gain adalah kemampuan antena yang dapat mengarahkan radiasi sinyalnya, atau penerimaan sinyal dari arah tertentu.[16]

$$G = 20.4 + 20 \log D + 10 \log \eta + 20 \log f \quad (2.3)$$

Dimana :

$D$  = Diameter antena [m]

$c$  = Kecepatan gelombang cahaya ( $3 \times 10^8$ ) [m/s]

$f$  = Frekuensi [Hz]

$\eta$  = Effisiensi *Antenna*

### 2.2.3.5 Free Space Loss (FSL)

Daya permukaan bola (tingkat iluminasi) pada jarak  $d$  dari *Spot* transmisi akan memenuhi persamaan berikut : [15]

$$FSL = 92.4 \text{ dB} + 20 \log d + 20 \log f \text{ [dB]} \quad (2.4)$$

Dimana:

$d$  = Jarak dari stasiun bumi dengan satelit [km]

$f$  = Frekuensi kerja [GHz]

### 2.2.3.6 Saturated Flux Density (SFD)

Nilai yang dibutuhkan untuk mensaturasikan transponder dari Stasiun Bumi (dengan PAD = 0 dB). Dapat dikatakan sebagai sensitivitas input dari transponder. Semakin negatif nilai SFD semakin tinggi sensitivitasnya. [16]

### 2.2.3.7 Power Flux Density (PFD)

*Power Flux Density* adalah daya dari flux jenuh yang diterima satelit dimana dapat dirumuskan sebagai berikut: [15]

Besarnya nilai PFD dapat diketahui dengan persamaan :

$$PFD = EIRP_{SAT} - Spreading Loss - P_{EUP} - L_{RAIN} \quad (2.5)$$

Keterangan :

$Spreading Loss = 4 \pi D^2$  ; dimana  $D$  adalah *slant range*

### 2.2.3.8 Input Back Off (IBO) dan Output Back Off (OBO)

IBO dan OBO menunjukkan penempatan *Spot* kerja di bawah *Spot* jenuh, yang masih dalam linearitas wilayah kerja penguat transponder satelit. IBO<sub>cxr</sub> /

OBO<sub>cxr</sub> adalah IBO/OBO dari masing-masing *carrier* ketika *amplifier* dimuat dalam kondisi multi-*carrier*.

### 2.2.3.9 EIRP Downlink Satellite

EIRP *downlink* Satelit adalah nilai daya yang dihasilkan oleh satelit (*output amplifier* satelit) untuk mengirimkan frekuensi *downlink* ke stasiun bumi penerima. [16]

Dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Berikut :

$$\text{EIRP}_{\text{downlink}} = \text{PFD} + ((\text{EIR}_{\text{sat}} - \text{OBO}_{\text{agg}}) - (\text{SFD} - \text{IBO}_{\text{agg}})) \quad (2.6)$$

### 2.2.4 Leased Capacity

*Leased Capacity* atau sewa kapasitas adalah *project* pemerintah Indonesia melalui BAKTI Kominfo dan Telkomsat untuk menyediakan layanan komunikasi untuk wilayah 3T yaitu Terdepan, Terluar, dan Tertinggal di seluruh Indonesia menggunakan teknologi VSAT *High Throughput Satellite*. Adapun layanan tersebut terbagi menjadi dua yaitu Akses Internet dan BTS Blankspot.

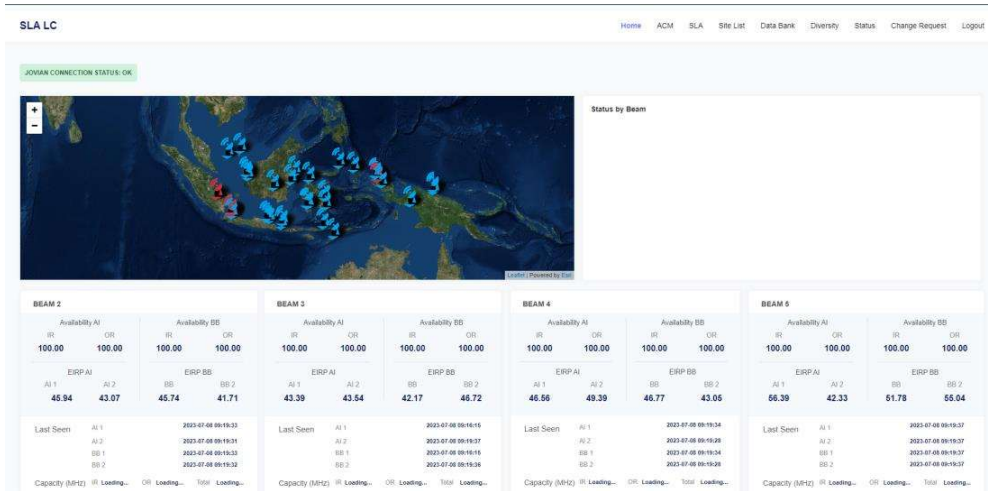
Layanan akses internet ini menyediakan akses internet di sekolah, balai latihan kerja, puskesmas, balai desa, kantor pemerintahan, dan lokasi publik di daerah 3T (terdepan, terluar, tertinggal) dengan kecepatan 4 Mbps. Sampai semester pertama tahun 2021, 576 lokasi akses internet tersebar di 33 provinsi. [17]

Salah satu program *Universal Service Obligation* (USO) yang dilaksanakan oleh Kementerian Komunikasi dan Informatika melalui Balai Penyedia dan Pengelola Pembiayaan Telekomunikasi dan Informatika (BP3TI), yang sekarang berganti nama menjadi BAKTI. Program ini merupakan salah satu strategi Kementerian Komunikasi dan Informatika/BAKTI untuk mengurangi kesenjangan telekomunikasi dengan menyediakan layanan *Base Transceiver Station* (BTS) di wilayah *Blankspot* Telekomunikasi. Strategi ini digunakan untuk menyediakan layanan seluler dasar di wilayah yang tidak memiliki sinyal selular. Sampai dengan semester 1 tahun 2021, terdapat 91 BTS 4G yang telah *on-air* di wilayah *blankspot* telekomunikasi sepanjang perbatasan Indonesia. [18]

## 2.2.5 Monitoring SLA

Untuk memudahkan proses pemantauan kondisi *Remote Reference* secara *real-time* dibuatlah dashboard monitoring SLA. Pada dashboard tersebut terdapat beberapa parameter yang ditampilkan seperti kapasitas *Inroute* dan *Outroute*, nilai EIRP serta *availability inroute outroute*. Parameter tersebut dijadikan acuan dan alat ukur untuk penagihan *invoice* dari Telkomsat ke BAKTI.

Nilai EIRP yang ada di tampilan menu dashboard SLA merupakan data yang diambil dari perangkat Kratos Monic secara *periodic* dan dapat diunduh dalam bentuk *file CSV* pada masing-masing *spot Beam*, seperti pada Gambar 2.17 Tampilan *Dashboard Monitoring SLA BAKTI Telkomsat*.



**Gambar 2.17 Tampilan *Dashboard Monitoring SLA BAKTI Telkomsat***