

# **Kajian Frekuensi Ka-band Untuk Komunikasi Satelit**



**Tim Joint Research**

**PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN  
SUMBER DAYA, PERANGKAT, DAN PENYELENGGARAAN  
POS DAN INFORMATIKA  
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SDM  
KEMENTERIAN KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA  
2016**

## **KAJIAN FREKUENSI Ka-BAND UNTUK KOMUNIKASI SATELIT**

**Pengarah** : Dr. Ir. Basuki Yusuf Iskandar, MA.  
**Penanggung Jawab** : Drs. Sunarno, MM.  
**Tim Penyusun** : Wirianto Pradono, Hilarion Hamjen, Iswahyudi Hidayat,  
Awangga Febian, Amry Daulat Gultom

ISBN: 978-602-60843-1-6

Jakarta : Badan Litbang SDM Kominfo, ©2016

41 Halaman, 18 x 25 cm

### **Penyunting/Editor:**

Harjani Retno Sekar, Eyla Alivia Maranny, Aldhino Anggorosesar, Seno Tribroto,  
Ronaldi Wijaya, Agung Rahmat Dwiardi

**Kontributor/Narasumber** : Prof. Dr. Ir. Adit Kurniawan, M.Eng, Dr. Muhammad Suryanegara, ST.,M.Sc, Ditjen SDPPI, Ditjen PPI, Ditjen Perhubungan Udara-Kementerian Perhubungan, Pusteksat-LAPAN, Direktorat Data dan Informasi-Bakamla RI, Direktorat Komunikasi-BASARNAS, Balitbang-Kementerian Pertahanan, RO Tekkom-Divisi TI-Mabes Polri

© Hak Cipta Dilindungi Undang – Undang. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit

### **Penerbit :**

**Puslitbang Sumber Daya, Perangkat, dan Penyelenggaraan Pos dan Informatika  
Badan Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Manusia  
Kementerian Komunikasi dan Informatika**

Jl. Medan Merdeka Barat No. 9 Jakarta 10110, Telp./Fax. (021) 34833640

Website: <http://www.balitbangsdm.kominfo.go.id>



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Swt. yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan naskah publikasi untuk penelitian **Kajian Frekuensi *Ka-band* untuk Komunikasi Satelit**.

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran tentang potensi dan peluang pemanfaatan frekuensi *Ka-band* untuk komunikasi satelit serta mengidentifikasi aspek yang menjadi pertimbangan dalam penggelaran sistem komunikasi satelit pada frekuensi *Ka-band* untuk wilayah Indonesia.

Penyajian buku ini terbagi dalam empat bagian yang terdiri dari Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Analisa dan Pembahasan, dan Penutup.

Tak lupa penulis sampaikan terima kasih kepada Menteri Komunikasi dan Informatika, Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Manusia, Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya, Perangkat, dan Penyelenggaraan Pos dan Informatika, Pejabat struktural dan rekan-rekan peneliti dan non peneliti di lingkungan Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya dan Perangkat dan Penyelenggaraan Pos dan Informatika dan semua pihak yang terlibat dalam menyelesaikan kajian serta dalam menyusun dan menerbitkan buku ini. Besar harapan penulis agar buku ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan basis informasi bagi penelitian lebih lanjut.

Jakarta, Desember 2016

Tim Penulis



## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
PENDAHULUAN.....	1
TINJAUAN PUSTAKA .....	5
Teknologi Satelit .....	5
Lisensi Terkait Penggelaran Layanan Komunikasi Satelit .....	10
Sistem Komunikasi Satelit Ka-band.....	13
Penelitian Terkait Sistem Komunikasi Satelit pada Frekuensi Ka-band .....	15
ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	21
Kondisi <i>Existing</i> Penggunaan Layanan Komunikasi Satelit Termasuk Alokasi Spektrum, <i>Filing</i> , dan Slot Orbit Satelit di Indonesia .....	22
Kelebihan dan Kekurangan Pita Frekuensi Ka-band Dibandingkan dengan Pita Frekuensi C-Band Dan Ku-Band .....	29
Pasar Atau <i>Market</i> Dan Tren Layanan Yang Berpotensi Menggunakan Komunikasi Satelit Pada Pita Frekuensi Ka-Band .....	30
Pembagian spektrum Ka-Band berdasarkan jenis layanan .....	33
SWOT ( <i>Strength, Weakness, Opportunity, Threat</i> ) .....	34
PENUTUP .....	37
Simpulan.....	37
Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA.....	39



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Satelit Ka-band yang telah beroperasi di dunia .....	14
Tabel 2. Hasil analisis SWOT Ka-band.....	35



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Alokasi frekuensi untuk komunikasi satelit .....	6
Gambar 2. Arsitektur Komunikasi Satelit Ka-band untuk Internet Cepat .....	6
Gambar 3. Pengaruh frekuensi dan hujan terhadap performansi satelit .....	9
Gambar 4. Peta rencana pembangunan serat optik Palapa Ring Indonesia .....	22
Gambar 5. Pita frekuensi untuk penyelenggaraan layanan telekomunikasi .....	23
Gambar 6. Pita frekuensi yang digunakan saat ini untuk layanan satelit .....	23
Gambar 7. Jenis layanan yang diselenggarakan oleh industri.....	24
Gambar 8. Pemanfaatan teknologi satelit oleh pemerintah.....	24
Gambar 9. Kendala dalam penyelenggaraan layanan kepada pelanggan .....	25
Gambar 10. Kendala dalam pemanfaatan teknologi satelit.....	26
Gambar 11. Rencana penggunaan frekuensi Ka-band oleh industri.....	26
Gambar 12. Kesiapan industri untuk pemanfaatan frekuensi Ka-band .....	27
Gambar 13. Rencana penggunaan frekuensi Ka-band oleh pemerintah .....	27
Gambar 14. <i>Filing</i> satelit Ka-band di atas wilayah Indonesia .....	28
Gambar 15. <i>Multispot beam</i> Ka-band.....	30
Gambar 16. Layanan satelit Ka-band .....	31
Gambar 17. Alokasi frekuensi Ka-band berdasarkan regulasi ITU-R.....	34

# PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi yang pesat menyebabkan kebutuhan informasi juga terus meningkat sehingga dibutuhkan akses informasi yang cepat dan mudah serta menjangkau wilayah yang luas. Layanan telekomunikasi sebagai sarana untuk menyediakan akses terhadap informasi terlebih saat ini dengan dukungan jaringan pita lebar atau *broadband* memungkinkan pertukaran volume informasi yang besar secara cepat dan praktis. Mengingat wilayah Indonesia yang luas dan kontur yang bervariasi maka agar layanan telekomunikasi dapat menjangkau wilayah Indonesia secara merata hingga wilayah *rural*, diperlukan teknologi telekomunikasi nirkabel, salah satunya adalah teknologi satelit. Komunikasi satelit sendiri dapat dialokasikan dalam beberapa pita frekuensi sebagaimana terlihat pada gambar 1 tergantung pada tipe layanan yang digelar. Diantara sejumlah pita frekuensi tersebut, yang banyak digunakan untuk layanan satelit komunikasi saat ini adalah pita frekuensi C dan Ku. Cisco VNI melakukan prediksi per Februari 2016 tentang pertumbuhan *mobile traffic* secara global pada tahun 2020 sebagai berikut:

- a. Jumlah pengguna perangkat *mobile* akan mencapai 5.5 miliar dimana tahun 2015 hanya sebesar 4.8 miliar
- b. Jumlah perangkat *mobile* dan sambungan internet akan mencapai 11.8 miliar dimana tahun 2015 hanya sebesar 4 miliar
- c. *Mobile IP traffic* akan mencapai 367 exabytes/tahun dari tahun 2015 yang hanya 44 exabytes/tahun
- d. Kecepatan koneksi kecepatan koneksi *mobile broadband* akan meningkat dr 2 Mbps di 2015 menjadi 6.5 Mbps di 2020.

Peningkatan trafik tersebut belum termasuk untuk layanan yang lainnya seperti *TV broadcasting*, perbankan, manajemen bencana, dan sebagainya. Pertumbuhan kebutuhan akan layanan telekomunikasi yang terus meningkat tersebut perlu

diimbangi dengan kapasitas jaringan telekomunikasi khususnya komunikasi satelit yang memadai dimana hal tersebut sulit dipenuhi jika hanya memanfaatkan pita frekuensi *existing* yakni C-band dan Ku-band karena kapasitas di kedua pita frekuensi tersebut semakin berkurang dan mendekati saturasi. Oleh karena itu dibutuhkan spektrum frekuensi tambahan selain C dan Ku, dalam hal ini pita frekuensi Ka-band dimana pita frekuensi ini menjadi daya tarik tersendiri baik bagi industri, militer, maupun pemerintahan untuk komunikasi satelit dimana kapasitas Ka-band yang dapat digunakan untuk *downlink* dan *uplink* masing-masing sebesar 3 GHz (NewSat Ltd ABN, 2012). Kapasitas frekuensi yang dapat dipakai hanya sekitar 7-10 persen dari total *bandwidth* frekuensi sehingga untuk pita frekuensi C-band dan Ku-band masing-masing hanya memiliki *usable bandwidth* sebesar 500 MHz dan 1 GHz. *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) menyebutkan bahwa Ka-band, secara spesifik pada frekuensi 26 GHz, menjadi spektrum yang menjanjikan bagi NASA sendiri (NASA, 2016). Satelit yang beroperasi pada pita frekuensi Ka-band dapat digunakan untuk berbagai layanan sebagaimana layanan yang disediakan oleh satelit yang beroperasi pada pita frekuensi C-band dan Ku-band (NewSat Ltd ABN, 2013). Sementara itu terkait riset dan teknologi jaringan bergerak/seluler generasi ke-5 atau 5G, pada dasarnya belum ada kesepakatan mengenai frekuensi yang akan digunakan oleh teknologi 5G, namun beberapa produsen perangkat telah melakukan ujicoba pengembangan hingga rentang Ka-band. Sebagai contoh, Samsung Electronics melaporkan telah berhasil mengembangkan teknologi susunan (*array*) *transceiver* adaptif untuk komunikasi seluler 5G pada rentang Ka-band (Samsung, n.d.). Dalam dokumen *Notice of Inquiry* (NOI) mengenai penggunaan frekuensi di atas 24 GHz untuk layanan radio bergerak yang dikeluarkan oleh *Federal Communications Commission* (FCC) Amerika Serikat pada Oktober 2014 lalu, para pelaku industri telekomunikasi memberikan komentar mengenai kemungkinan pemanfaatan rentang frekuensi tersebut. Komentar-komentar tersebut menunjukkan adanya ketertarikan tiap segmen industri telekomunikasi pada rentang Ka-band. Komentar-

komentar yang berasal dari segmen industri satelit, misalnya, diberikan oleh *European Satellite Operators Association (ESOA)* dan *Satellite Industry Association (SIA)*. Dari industri telekomunikasi bergerak/seluler, terdapat komentar dari Qualcomm, Ericsson, Verizon, dan lain-lain (FCC, n.d.). Masing-masing meminta agar manajemen frekuensi Ka-band dilakukan dengan baik dan mempertimbangkan perkembangan riset dan teknologi dari kedua kelompok industri tersebut. Perusahaan satelit Eropa, Eutelsat telah mengoperasikan satelit Ka-band yakni KA-SAT dimana salah satu pemanfaatannya yakni untuk layanan internet untuk rumah tangga baik itu data, voice (VoIP), dan IPTV (Eutelsat, 2016). Sementara Amerika Serikat dan Kanada telah mengoperasikan satelit Ka-band yakni Anik F-2 untuk layanan internet cepat (satsig.net, 2005). Berdasarkan data prediksi dari Cisco VNI sendiri, untuk Indonesia trafik *mobile data* meningkat 12 kali lipat dari tahun 2015-2020 dan tumbuh 2 kali lebih cepat daripada trafik *fixed data*. Sementara trafik *mobile data per user* akan mencapai 3.855 MB per bulan pada tahun 2020. Berdasarkan prediksi dari Cisco VNI tersebut dapat diamati bahwa pertumbuhan trafik komunikasi khususnya data sangat cepat dan masih akan terus berlangsung. Berdasarkan informasi dari website Mastel (Masyarakat Telekomunikasi) tertanggal 13 September 2016, saat ini frekuensi C-band yang digunakan untuk komunikasi satelit di Indonesia kuotanya sudah penuh sementara peningkatan trafik komunikasi data masih akan terus meningkat sebagaimana data prediksi oleh Cisco VNI sehingga dibutuhkan kapasitas yang lebih besar untuk mengakomodasi hal tersebut. Mengingat wilayah Indonesia yang bervariasi khususnya wilayah rural dengan kondisi geografis perbukitan dan pegunungan serta dikelilingi lautan tentunya agar masyarakat dapat terjangkau oleh layanan telekomunikasi baik *voice* maupun data tentu tidak mungkin jika hanya difasilitasi oleh sistem terestrial baik nirkabel (*Broadband Wireless Access*, seluler) maupun jaringan kabel (serat optik) dikarenakan untuk memasang sistem terestrial di wilayah di wilayah tersebut cukup sulit serta membutuhkan waktu yang lama dan biaya yang cukup besar. Oleh karena itu untuk pemerataan jangkauan layanan telekomunikasi hingga ke wilayah *rural*

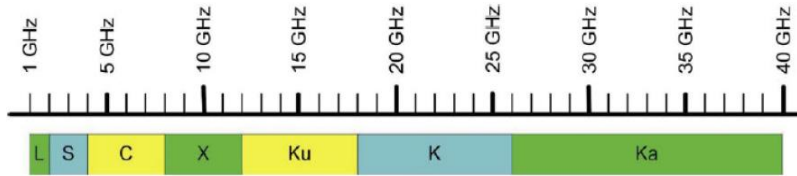
maka dibutuhkan teknologi yang dapat menghantarkan sinyal komunikasi tanpa terhalang perbukitan dan pegunungan salah satunya adalah teknologi satelit. Menimbang hal tersebut dan meninjau perkembangan pita Ka-band di dunia saat ini maka perlu dilakukan kajian untuk mengetahui potensi dan peluang penggunaan frekuensi Ka-band untuk komunikasi satelit di Indonesia.

## Teknologi Satelit

### A. Pengenalan Sistem Komunikasi Satelit

Teknologi satelit merupakan salah satu bentuk teknologi telekomunikasi nirkabel selain sistem telekomunikasi bergerak/seluler. Keberadaan teknologi satelit memungkinkan layanan telekomunikasi dapat menjangkau hingga wilayah yang memiliki kontur berupa perbukitan, pegunungan atau hutan dimana wilayah seperti ini cukup sulit untuk dijangkau dengan menggunakan telekomunikasi kabel atau *wired* maupun telekomunikasi nirkabel seperti teknologi seluler. Satelit adalah perangkat komunikasi yang ditempatkan diluar angkasa dan mengorbit terhadap bumi dimana fungsi satelit adalah sebagai penerus sinyal *microwave* atau *repeater* sehingga memungkinkan sejumlah pelanggan atau pengguna layanan telekomunikasi dapat saling bertukar informasi selama perangkat pelanggan tersebut terkoneksi dengan stasiun bumi (Elbert, 2008). Satelit menurut tipe orbitnya terhadap bumi dapat dikategorikan menjadi beberapa jenis yakni GEO (*Geostationery Earth Orbit*), MEO (*Medium Earth Orbit*), *Highly Elliptical Orbit*, dan LEO (*Low Earth Orbit*) (Sheriff Ray, 2001). Sistem komunikasi satelit meliputi dua segmen atau bagian yakni *Ground Segment* dan *Space Segment*. *Ground Segment* merupakan perangkat yang berfungsi meneruskan sinyal komunikasi dari dan menuju satelit, lebih sering disebut sebagai stasiun bumi. Sementara *Space Segment* adalah perangkat yang ditempatkan diluar angkasa dalam hal ini satelit itu sendiri yang berfungsi sebagai *repeater*. Teknologi satelit dapat menyediakan sejumlah layanan antara lain siaran radio dan TV, penyediaan jalur koneksi untuk jaringan telepon publik PSTN, penerbangan, militer, maritim, meteorologi, *backhauling*, dan sebagainya.

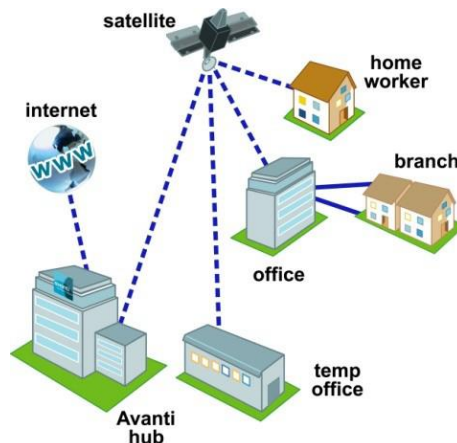
Sebagaimana teknologi telekomunikasi nirkabel lainnya, maka teknologi satelit juga membutuhkan alokasi spektrum frekuensi untuk menggelar layanan komunikasi. Beberapa pita frekuensi yang dialokasikan untuk penggelaran layanan komunikasi satelit dapat dilihat pada gambar 1.



Sumber : (Harris CapRock Communications Inc., 2012)

Gambar 1. Alokasi frekuensi untuk komunikasi satelit

Di antara sejumlah frekuensi yang dialokasikan untuk komunikasi satelit, frekuensi C-band dan Ku-band adalah frekuensi yang paling banyak digunakan untuk komunikasi satelit (Intelsat, 2010). Frekuensi C-band berada pada rentang (4-8) GHz sementara frekuensi Ku-band berada di rentang (12-18) GHz. Selain kedua frekuensi tersebut, frekuensi saat ini yang menjadi daya tarik tersendiri khususnya di kalangan industri telekomunikasi adalah frekuensi Ka-band yang berada pada rentang (26.5-40) GHz. Frekuensi Ka-band memiliki beberapa kelebihan salah satunya *bandwidth* yang lebih besar sehingga dapat menyediakan kapasitas layanan yang lebih banyak (Guillaume Benoit, Hector Fenech, 2009; Hasanuddin, 2014).



Sumber : (Avanti Communications Group plc, 2012)

Gambar 2. Arsitektur Komunikasi Satelit Ka-band untuk Internet Cepat

## B. Pengaruh Frekuensi dan Hujan Terhadap Performansi Sistem Satelit

Teknologi nirkabel memungkinkan sinyal komunikasi dapat menjangkau lokasi yang berjauhan melalui media udara. Saat sinyal merambat melalui udara, sinyal mengalami berbagai gangguan yang berdampak terhadap kualitas penerimaan sinyal di sisi penerima atau *receiver*. Tingkat gangguan yang dialami oleh sinyal saat merambat melalui udara dipengaruhi baik oleh mode propagasi maupun frekuensi sinyal. Mode propagasi sinyal sendiri dapat dibedakan atas propagasi LOS (Line of Sight) dan Non LOS (*Non Line of Sight*) (Seybold, 2005). Pada propagasi LOS, sinyal merambat melalui udara atau atmosfer tanpa ada halangan. Meskipun demikian sinyal tetap mengalami rugi-rugi daya yang disebut dengan *free space path loss*. Sementara pada propagasi non LOS, dalam perjalanan dari pemancar ke penerima sinyal akan menemui berbagai halangan seperti gedung, bukit, gunung, hutan, dan lain-lain. Pada kondisi non LOS, selain mengalami *free space path loss* sinyal juga mengalami efek yang disebut sebagai *shadowing* dan *multipath fading*. Gangguan yang dialami oleh sinyal baik pada kondisi LOS maupun non LOS akan meredam kekuatan atau daya pancar sinyal. Hal ini juga terjadi pada perambatan sinyal dalam komunikasi satelit. Saat sinyal ditransmisikan dari satelit menuju stasiun bumi (*uplink*) atau sebaliknya dari stasiun bumi menuju satelit (*downlink*), sinyal mengalami sejumlah redaman yang menurunkan kualitas sinyal khususnya yang disebabkan oleh karakteristik cuaca wilayah bersangkutan (Chuan HE, Yecai Guo, 2015). Selain redaman *free space loss*, redaman propagasi yang terjadi pada komunikasi satelit disebabkan oleh sejumlah hal antara lain (Dissanayake, 2002; Kandella, n.d.):

- a. Redaman gas atau atmosfer
- b. Redaman hidrometer (awan, salju, kabut, dan es)
- c. Redaman hujan
- d. *Tropospheric Scintillation*
- e. Derau atau *noise*

Besaran nilai redaman tersebut selain tergantung pada karakteristik cuaca seperti atmosfer, curah hujan, awan, dan sebagainya juga bergantung pada frekuensi yang digunakan untuk komunikasi satelit. Diantara sejumlah redaman tersebut, redaman yang berdampak sangat signifikan terhadap kualitas sinyal khususnya untuk daerah ekuatorial adalah curah hujan (S.L. Jong, H.Y. Lam, J.Din, 2015). Semakin tinggi rentang frekuensi yang digunakan maka semakin besar efek redaman hujan terhadap kualitas sinyal komunikasi (U. Kesavan, Md. Rafiqul Islam, 2014). Ka-band sebagai salah satu rentang frekuensi yang digunakan untuk komunikasi satelit berada pada rentang frekuensi diatas 10 GHz dimana pada rentang di atas 10 GHz, redaman hujan merupakan faktor yang paling dominan berpengaruh terhadap kualitas sinyal yang dipancarkan baik arah downlink maupun uplink (Baso Maruddani, Adit Kurniawan, Sugihartono, 2011; Muhammad Mimsyad, Abdullah Bazergan, 2014). Untuk menghitung besar redaman *free space* dapat menggunakan persamaan 1.

$$L_{fs} = 10 \log ((4\pi d / \lambda)^2) = 10 \log ((4\pi d f / c)^2) \quad (1)$$

keterangan :

$L_{fs}$  adalah nilai redaman *free space* (dB)

$d$  adalah jarak antara pemancar dan penerima (km)

$\lambda$  adalah panjang gelombang dari sinyal (m)

$c$  adalah kecepatan cahaya yakni  $3 \times 10^8$  (meter/detik)

$f$  adalah frekuensi sinyal (GHz)

Model perhitungan lainnya dalam hal ini digunakan model perhitungan dari ITU-R 838-3 yang dapat dilihat pada persamaan 2 (ITU-R, 2005).

$$\gamma_R = k \times R^\alpha \quad (2)$$

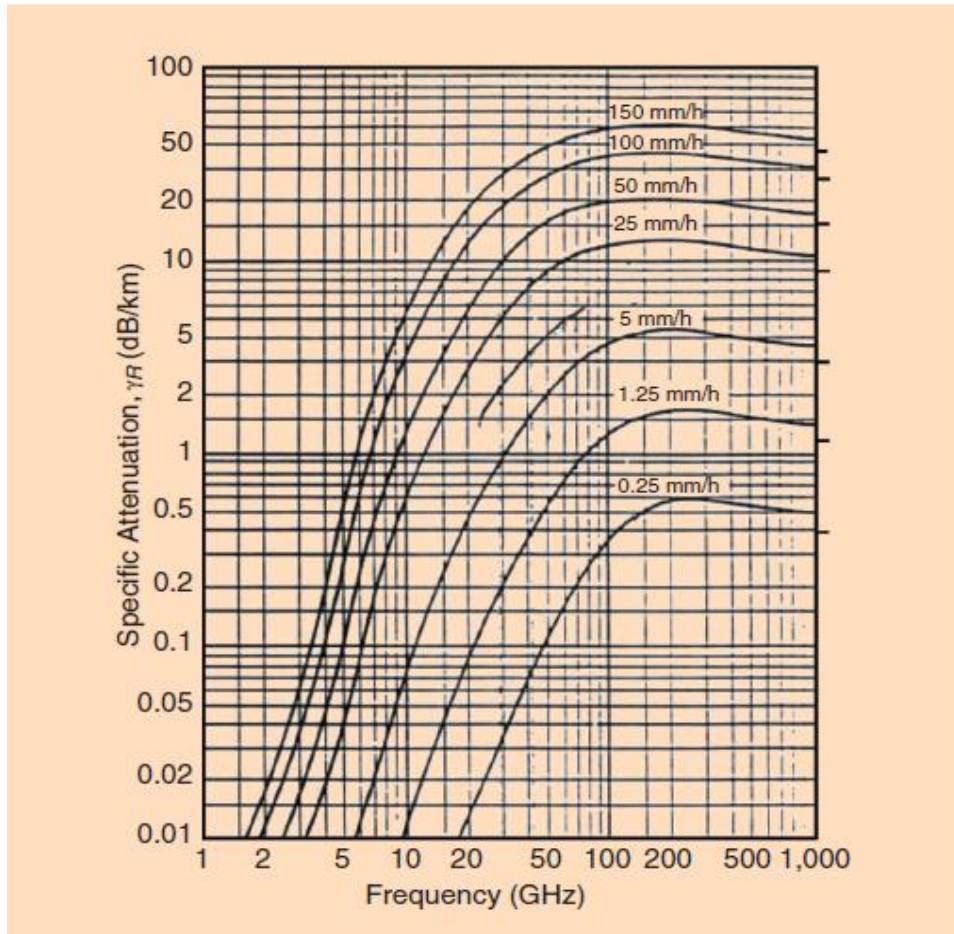
keterangan :

$\gamma_R$  adalah nilai redaman hujan (dB/km)

$R$  adalah curah hujan (mm/jam)

$k$  dan  $\alpha$  adalah koefisien redaman merupakan fungsi dari frekuensi

Formula perhitungan ITU tersebut lebih spesifik menunjukkan pengaruh hujan terhadap redaman sinyal komunikasi satelit. Keterkaitan antara frekuensi dan curah hujan terhadap performansi satelit dapat dilihat pada gambar 3 (Michael Marcus, 2005)



Sumber: IEEE Microwave Magazine, 2005

Gambar 3. Pengaruh frekuensi dan hujan terhadap performansi satelit

Berdasarkan grafik pada gambar 3, dapat dilihat bahwa semakin tinggi pita frekuensi yang digunakan dan curah hujan semakin besar menghasilkan redaman propagasi yang semakin besar yang dapat menurunkan kualitas sinyal komunikasi satelit. Pita Ka-band sebagaimana pada grafik gambar 3 berada pada pertengahan

antara 20 GHz dan 50 GHz dan dapat dilihat untuk curah hujan untuk sebagian wilayah Jawa Timur sebesar 100 mm (BKMG, 2016), maka diperoleh nilai redaman hujan pada frekuensi 30 GHz sebesar 20 dB.

Hal lain yang perlu menjadi perhatian selain redaman adalah SNR (*Signal to Noise Ratio*) yakni perbandingan daya pancar sinyal terhadap derau atau *noise*. Sinyal komunikasi agar dapat diterima oleh penerima atau *receiver* dengan kualitas yang baik maka dibutuhkan nilai SNR yang cukup sehingga *receiver* atau penerima masih dapat mendeteksi sinyal komunikasi yang datang dengan kualitas yang bagus. Nilai SNR dan *noise* atau derau dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3 dan 4 (G. Hendratoro et al, 2013) :

$$\text{SNR}_{\text{dB}} = 10 \log_{10} (P_{\text{signal}} / P_{\text{noise}}) \quad (3)$$

keterangan :

$\text{SNR}_{\text{dB}}$  adalah perbandingan daya pancar sinyal terhadap derau (dB)

$P_{\text{signal}}$  adalah daya pancar sinyal (W)

$P_{\text{noise}}$  adalah daya *noise* atau derau (W)

Sementara daya sinyal derau atau *noise* dapat dihitung menggunakan persamaan 4.

$$P_{\text{noise}} = K \times T \times B \quad (4)$$

keterangan :

$P_{\text{noise}}$  = Daya *noise* atau derau (W)

K adalah konstanta Boltzman,  $1.3802 \times 10^{-23}$  (W.second / kelvin)

T adalah koefisien suhu penerima atau *receiver*

B adalah *bandwith* sinyal (Hz)

## **Lisensi Terkait Penggelaran Layanan Komunikasi Satelit**

### **A. Filing dan Hak Labuh Satelit**

Penyelenggara satelit Indonesia sebelum dapat menempatkan satelit baik satelit milik Indonesia di luar angkasa maka harus mengajukan ijin penggunaan orbit satelit yakni *Filing* satelit Indonesia (Kementerian Komunikasi dan Informatika, 2014). *Filing* satelit harus didaftarkan oleh penyelenggara satelit ke ITU (*International Telecommunication Union*) melalui administrasi telekomunikasi

Indonesia dalam hal ini Kementerian Komunikasi Informatika yang didelegasikan kepada Direktorat Jenderal SDPPI (Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika) dan perlu berkoordinasi dengan penyelenggara satelit lain baik Indonesia maupun asing yang sudah terlebih dahulu memiliki *filing* satelit yang sudah terdaftar di ITU. Koordinasi ini diperlukan agar tidak terjadi interferensi yang dapat mengganggu satelit lain atau sistem radio terestrial di Indonesia yang sudah berizin baik *existing* maupun *planning*. Proses koordinasi satelit tersebut tidak hanya melibatkan antar administrasi telekomunikasi yang berasal dari negara berbeda namun juga dapat melibatkan antar penyelenggara layanan satelit. Setelah koordinasi satelit selesai dilakukan antar pihak terkait dan tidak ada permasalahan maka hak penggunaan *filing* satelit Indonesia tersebut akan dipublikasikan di ITU dan juga diterbitkan oleh pemerintah dalam hal ini oleh Kementerian Komunikasi dan Informatika dalam bentuk Keputusan Menteri. Penyelenggara satelit yang telah memegang hak penggunaan *filing* satelit Indonesia diwajibkan menyampaikan laporan penggunaan *filing* satelit setiap tahun kepada pemerintah.

Sementara apabila satelit yang akan diluncurkan dan dioperasikan di atas wilayah Indonesia menggunakan satelit milik asing maka dibutuhkan ijin tambahan selain *filing* satelit yaitu Hak Labuh satelit (*Landing Right*) yang harus diajukan kepada pemerintah Indonesia dalam hal ini Kementerian Komunikasi dan Informatika. Hak Labuh satelit yang sudah disetujui akan diterbitkan oleh Ditjen SDPPI Kementerian Komunikasi dan Informatika atas nama Menteri Komunikasi dan Informatika. Satelit asing yang sudah mendapatkan hak labuh dapat digunakan apabila memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- a. *Filing* satelit yang digunakan oleh satelit asing tersebut telah selesai melakukan koordinasi satelit dengan *filing* satelit Indonesia
- b. Tidak menimbulkan interferensi frekuensi radio yang merugikan terhadap jaringan satelit maupun jaringan radio terestrial Indonesia yang telah mengantongi izin baik *existing* maupun *planning*

- c. Terbuka kesempatan yang sama bagi penyelenggara satelit Indonesia untuk beroperasi di negara asal tempat dimana *filing* satelit asing tersebut terdaftar

Setelah penyelenggara atau calon penyelenggara layanan satelit telah mendapatkan hak penggunaan *filing* satelit dan/atau hak labuh satelit maka mereka baru dapat memulai untuk meluncurkan dan menempatkan satelit di angkasa pada slot orbit sebagaimana yang terdaftar dalam *filing* satelit. Pencabutan hak penggunaan *filing* satelit Indonesia dapat terjadi apabila terjadi salah satu dari sejumlah hal berikut :

- a. Melanggar ketentuan terkait hak penggunaan *filing* satelit
- b. Pencabutan izin penyelenggaraan telekomunikasi
- c. Dinilai tidak mampu melaksanakan rencana pemanfaatan *filing* satelit berdasarkan pada hasil evaluasi
- d. Penghapusan *filing* satelit oleh ITU

Dalam kondisi dimana hak penggunaan *filing* satelit Indonesia sudah habis/selesai atau dicabut dan tidak ada penyelenggara satelit lain dari Indonesia yang berminat untuk menggunakan *filing* satelit tersebut maka pemerintah dapat mengajukan penghapusan *filing* satelit tersebut ke ITU. Namun apabila penyelenggara satelit Indonesia masih ingin melanjutkan penggunaan hak *filing* satelit tersebut maka penyelenggara harus mengajukan permohonan perpanjangan hak penggunaan *filing* satelit dengan melampirkan rencana pengadaan satelit kepada pemerintah paling lambat 3 tahun sebelum masa operasi satelit berakhir.

## **B. Busur Koordinasi Satelit (*Coordination Arc*)**

Sebagaimana disebutkan dalam subbab 2.2.1 bahwa pengajuan *filing* dan hak labuh satelit memerlukan proses koordinasi satelit yang melibatkan tidak hanya administrasi telekomunikasi negara tempat *filing* satelit didaftarkan tapi juga koordinasi antar industri penyelenggara layanan satelit. Salah satu yang menjadi pertimbangan dalam melakukan koordinasi tersebut adalah busur koordinasi. Busur koordinasi atau *coordination arc* adalah rentang jarak dalam satuan derajat di mana

suatu *filing* satelit wajib melakukan koordinasi satelit dengan *filing* satelit lain dalam pita frekuensi yang sama. Sebelum sidang WRC 15, busur koordinasi ditetapkan sebesar  $\pm 8^\circ$  untuk pita C-band dan Ka-band dan  $\pm 7^\circ$  untuk pita Ku-band. Berdasarkan hasil sidang WRC 15, busur koordinasi hanya berubah untuk pita C-band dan Ku-band dimana rentang jaraknya semakin rapat yakni  $\pm 7^\circ$  untuk C-band dan  $\pm 6^\circ$  untuk Ku-band, sementara untuk pita Ka-band tetap di rentang  $\pm 8^\circ$  (Ditjen SDPPI, Kementerian Komunikasi dan Informatika, 2016).

### **Sistem Komunikasi Satelit Ka-band**

Pita frekuensi Ka-band telah menjadi pilihan banyak operator satelit karena kemampuan peningkatan kapasitas dan dukungan aplikasi layanan pitalebar. Ka-band bekerja pada frekuensi 26.5 – 40 GHz dan mampu mendukung jenis layanan pitalebar antara lain :

1. *Internet*
2. *Video conference*
3. *Video phone*
4. *Data broadcasting*
5. *Voice rural/remote area*
6. *Tele-medecine*
7. *Tele-education*
8. *Scada*
9. *Local television satellite data relay services*
10. *Inter-Satellite-Link (ISL)*
11. *News gathering*
12. *PC networks*

Beberapa keunggulan dari Ka-Band :

1. Alokasi spektrum yang masih tersedia. Pada C/Ku-band hal ini menjadi masalah
2. Satelit Ka-band sangat efisien sehingga mampu menurunkan biaya *bandwith* (BW)

3. Trend data trafik yang membutuhkan BW lebih besar. Dengan karakteristik frekuensi Ka-band memungkinkan trafik data dengan throughput tinggi (10Mbps – 500Mbps)
4. Customer premises yang mendukung operasi Ka-band memiliki antena dalam ukuran kecil (sekitar 74 cm)

Sebagian besar satelit Ka-band menggunakan teknologi *spot-beam* untuk penggunaan ulang (*reuse*) daerah frekuensi pada area cakupan di tempat lain. Berbeda dengan *beam* lebar dengan daerah cakupan luas, *spot-beam* hanya mencakup 1% - 2% area *beam* lebar pada sistem satelit non Ka-band. Dapat ditambahkan pula bahwa ketersediaan spektrum yang lebih lebar pada Ka-band dan kebutuhan untuk menunjang banyak beams, pada umumnya satelit Ka-band memiliki transponder yang lebih lebar (300 – 600 MHz). Nilai ini sebanding dengan 10 kali lipat ukuran transponder pada Ku-band yang berada pada rentang 27 – 54 MHz. Hal tersebut mengakibatkan Ka-band memiliki throughput 10 – 100 kali lebih besar daripada throughput Ku-band sehingga Ka-band juga disebut sebagai *High Throughput Satellite* (HTS).

#### A. Sistem Satelit Ka-band yang sudah beroperasi di dunia

Satelit Ka-band dapat ditempatkan pada orbit GEO, MEO, dan LEO. Tabel 1 menunjukkan daftar perusahaan dan sistem satelit Ka-band yang telah diluncurkan di dunia.

Tabel 1. Satelit Ka-band yang telah beroperasi di dunia

<b>Company</b>	<b>Satellite System</b>
Arabsat	Arabsat-5B, Arabsat-5C
Avanti	Hylas-1 / Hylas-2
Eutelsat	Eutelsat-W3 series, Ka-Sat, Hotbird
Hispasat	Spainsat, Hispasat-1E
Hughes	Spaceway-3 / Jupiter-1
Intelsat	IAS-28 / Intelsat-20
Ipstar	Ipstar
Iridium	Iridium (LEO)

<b>Company</b>	<b>Satellite System</b>
JAXA/NICT	Winds
Nilesat	Nilesat 201
SES	ASTRA 1H, ASTRA-1L, ASTRA-3B, ASTRA 4A, AMC-15, AMC-16, NSS-6
Spacecom	Amos 3
Telesat Canada	Nimiq 4
ViaSat	ViaSat-1, Wildblue-1, Anik-F2
Yahsat	Yahsat 1A (government), Yahsat-1B
ABS	ABS-7, ABS-2
Arabsat	BADR 7
Avanti	Hylas-3
Eutelsat	W3C, EUTELSAT-3B
Eutelsat / ictQATAR	ES'HAIL
Hispasat	Hispasat AG1, Amazonas-3
Inmarsat	Global Xpres F1/F2/F3
Inmarsat	Alphasat 1-XL
ISRO	G-Sat 14
Measat	Measat-5
NBN Co	NBN-1 / NBN-2
NewSat	Jabiru 1
O3B Networks Limited	O3b Networks (MEO)
RSCC	Express AM5 & AM6 & AM7
SES	ASTRA 2E, ASTRA 2F, ASTRA 2G, ASTRA 4B, ASTRA 5B
Russia RTCom	National Systems
Spacecom	Amos 4 & 6
Telenor	Thor-7
Turksat	Turksat 4A / Turksat 4B

Sumber: Avanti Communication Group plc, 2012

Berdasarkan tabel sudah banyak perusahaan operator satelit yang mengoperasikan sistem satelit Ka-band. Hal ini sejalan dengan tuntutan pemenuhan trafik layanan data kecepatan tinggi untuk berbagai jenis layanan pada bidang pertahanan, enterprise, *consumer broadband*, serta *cellular backhaul*.

### **Penelitian Terkait Sistem Komunikasi Satelit pada Frekuensi Ka-band**

- a. “*Design of Ka-band Satellite Links in Indonesia*” oleh Zulfajri Basri Hasanuddin. Kebutuhan layanan *broadband* di Indonesia terus mengalami

peningkatan dan agar layanan tersebut dapat menjangkau hingga wilayah pelosok maka perlu ditunjang dengan keberadaan komunikasi. Hal ini mendorong peningkatan kebutuhan spektrum frekuensi dimana frekuensi Ka-band dapat menjadi solusi untuk mengatasinya karena Ka-band memiliki *bandwidth* yang lebih besar. Meskipun begitu, pemanfaatan frekuensi Ka-band untuk komunikasi satelit di Indonesia perlu diimbangi desain jalur komunikasi satelit yang tangguh mengingat frekuensi satelit berpengaruh karakteristik propagasi dan berpotensi memengaruhi kualitas sinyal sehingga berdampak kepada kualitas layanan.

- b. “*Ka-band Mobility Terminals Enabling New Services*” oleh S. Vaccaro, L. Diamond, D. Runyon, M.C. Wigano dari ViaSat Inc. ViaSat telah meluncurkan satelit *broadband* yang beroperasi pada frekuensi Ka-band yang mencakup wilayah Amerika Utara. Satelit milik ViaSat yang beroperasi pada frekuensi Ka-band ini digunakan untuk mendukung penyediaan layanan internet *broadband* bagi para penumpang pesawat komersial sehingga mereka dapat menikmati layanan internet yang setara dengan kualitas layanan internet untuk pelanggan rumah tangga ataupun korporasi. Hal ini dimungkinkan dengan keberadaan sistem antena Mantarray-40 yang khusus dikembangkan untuk *airline market*.
- c. “*Next Generation Ka-Band Satellite Concept To Extend The Reach Of Canada’s Broadband Infrastructure*” oleh A. Grami dan K. Gordon dari Telesat Kanada. Akses yang luas terhadap jaringan pita lebar menjadi salah satu prioritas bagi pemerintah Kanada dalam mendukung pembangunan infrastruktur di Kanada. Teknologi satelit merupakan salah satu solusi untuk bagi permasalahan tersebut terutama satelit Ka-band dengan kapasitas yang lebih besar yang ditujukan untuk pemeratakan jangkauan layanan pita lebar khususnya bagi wilayah yang minim atau belum terjangkau oleh layanan jaringan telekomunikasi terestrial. Satelit Ka-band ini mampu menyediakan akses terhadap layanan pita lebar baik bagi rumah tangga, institusi pemerintah,

maupun industri dengan akses berkecepatan tinggi sekaligus harga yang terjangkau sesuai dengan kebutuhan masing-masing pasar.

- d. “*Frequency Sharing Between Satellite and Terrestrial Systems in the Ka-band: A Database Approach*” oleh Wuchen Tang, Paul Thompson, Barry Evans dari University of Surrey, United Kingdom. Akses terhadap layanan pita lebar melalui teknologi satelit khususnya satelit Ka-band sangat ditentukan ketersediaan spektrum frekuensi. Dalam paper ini, EU FP7 project CoRaSat melakukan riset terkait peningkatan optimalisasi utilisasi frekuensi Ka-band menggunakan mekanisme *Cognitive* yang didukung dengan *Database Approach*. Hasil dari riset tersebut menyatakan bahwa dengan teknik *Database Approach* serta *spectrum sensing* dan *beamforming* memungkinkan pemanfaatan *bandwidth* Ka-band secara optimal untuk memenuhi target layanan *broadband* di masa mendatang.
- e. “*Study of Performance Analysis of Ka-band Satellite Communication Link in Makassar*” oleh Muhammad Mimsyad dan Abdullah Bazergan dari Politeknik Negeri Ujung Pandang serta Yuliana Rauf dari Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Riset yang dilakukan mencoba untuk mengetahui efek atmosfer dan hujan terhadap kualitas sinyal komunikasi satelit Ka-band. Frekuensi Ka-band memungkinkan penyediaan berbagai layanan yang membutuhkan akses internet *broadband* dimana probabilitas ketersediaan layanan sebesar 99.5%. Meskipun begitu aspek cuaca tetap perlu menjadi perhatian khusus untuk komunikasi satelit Ka-band karena hasil riset yang disajikan dalam *paper* tersebut menunjukkan bahwa cuaca khususnya curah hujan berpengaruh cukup signifikan terhadap kualitas jalur komunikasi satelit Ka-band yang tentunya akan berdampak terhadap kualitas layanan.
- f. “*Satellite Broadband Revolution: How Ka-Band Latest Systems Will Change The Rules of Industry. An Interpretation of The Technological Trajectory*” oleh Fabio Valle dari Eutelsat. Dalam riset ini dianalisa tentang bagaimana Ka-Band memberikan dampak terhadap perkembangan industri satelit khususnya

dalam penyediaan layanan broadband satellite untuk kebutuhan consumer. Sejumlah faktor yang membuat satelit Ka-band berpotensi besar untuk digunakan dalam penyediaan layanan pita lebar seperti *bandwidth* yang lebih lebar, ukuran antena satelit yang lebih kecil, probabilitas ketersediaan layanan tinggi, mendukung *smaller cell* dan *frequency reuse*. Selain itu dengan penurunan biaya penyediaan kapasitas pada satelit Ka-band dapat meningkatkan jumlah variasi layanan yang berbasis pada Ka-band.

- g. “*Triple Play Over Satellite, Ka-Band Making The Difference*” oleh Guillaume Benoit, Hector Fenech, dan Stefano Pezzana dari Eutelsat. Dalam tulisan tersebut, disajikan mengenai sejumlah keunggulan yang dimiliki satelit Ka-band dibanding teknologi satelit sebelumnya yakni Ku-band sehingga Eutelsat sebagai salah satu industri satelit memanfaatkan satelit yang beroperasi pada frekuensi Ka-band untuk menyediakan layanan pita lebar berupa *triple play over satellite* seperti WebTV, VoIP, musik, P2P, *online gaming*, *video streaming*, dan sebagainya. Hal ini untuk melengkapi layanan pita lebar yang sebelumnya diakomodir oleh satelit Ku-band milik Eutelsat.
- h. “*Rain Attenuation Using Ka and Ku Band Frequency Beacons at Delhi Earth Station*” oleh M.R.Sujimol, R. Acharya, G. Singh, R.K.Gupta dari Space Application Center, India. Dalam studi ini dilakukan analisis dan prediksi dampak redaman hujan terhadap kualitas sinyal komunikasi satelit Ka-band dan Ku-band yang diterima di stasiun bumi di India. Ka-band menawarkan tiga keunggulan yakni ketersediaan *bandwidth*, potensi interferensi yang lebih kecil dibanding Ku-band serta ukuran antena yang lebih kecil. Meskipun begitu, penggunaan Ka-band untuk komunikasi satelit tetap memerlukan perhatian lebih dikarenakan sinyal pada frekuensi Ka-band juga cukup sensitif terhadap gangguan khususnya efek redaman hujan sehingga teknik mitigasi yang tepat untuk dapat mengatasi efek redaman yang pada akhirnya dapat memperbaiki kualitas layanan komunikasi satelit yang bekerja pada frekuensi Ka-band.

- i. “*Analysis and Improvement for Measurement Error of Ka-Band Communication Satellite Payload In-Orbit Test Due to Atmospheric Fluctuations*” oleh Hui Zhang, Hongfeng Wang, Jun Zheng, dan Hao Chen dari Beijing Space Information Relay Technology Research Center serta Changseng Lu dari China Institute of Radio Propagation. Dalam studi tersebut, dilakukan analisa terhadap akurasi metode *In-Orbit test* untuk memantau performansi satelit komunikasi Ka-band yang telah diluncurkan oleh Cina pada tahun 2011. Hasil menunjukkan bahwa selain hujan, kondisi atmosfer juga mempengaruhi propagasi sinyal komunikasi satelit sehingga hal ini juga mempengaruhi akurasi metode *In-Orbit test* yang digunakan.
- j. “*Ka-Band Satellite Communications Design Analysis and Optimization*” oleh Leong See Chuan dari C4I Development serta Sun Ru-Tian dan YIP Peng Hon dari Advanced Systems. Artikel ini mengkaji tentang sejumlah faktor dalam perhitungan *link budget* yang berpengaruh terhadap kualitas sinyal komunikasi satelit Ka-Band khususnya faktor hujan. Penggunaan frekuensi Ka-band untuk komunikasi satelit memungkinkan penyediaan layanan dengan *throughput* yang tinggi serta ukuran perangkat yang lebih kecil terutama di sisi stasiun bumi. Meskipun demikian dibandingkan dengan frekuensi C-band dan Ku-band, Frekuensi Ka-band lebih rentan terhadap efek sehingga diperlukan teknik mitigasi untuk mengatasi hal tersebut antara lain dengan *Hub Site Diversity* dan *Adaptive Coding and Modulation*.

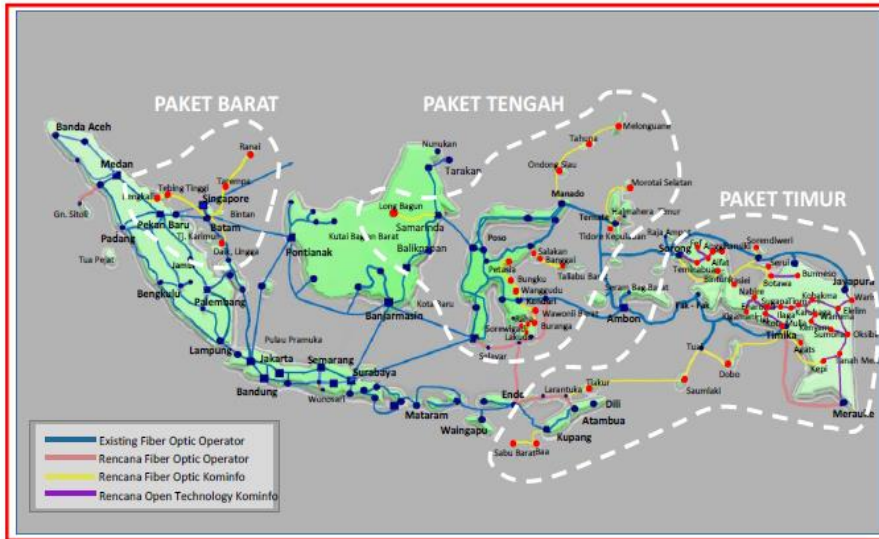


## ANALISA DAN PEMBAHASAN

**B**erdasarkan dokumen Rencana Pitalebar Indonesia (RPI) 2014 – 2019, pembangunan pitalebar di Indonesia saat ini dapat dikatakan masih dalam tahap awal. Ketersediaan akses pitalebar di Indonesia masih tertinggal dibandingkan dengan negara lain baik di tingkat regional maupun global. Pembangunan infrastruktur serat optik sebagai *backbone* layanan pitalebar nasional belum merata di seluruh wilayah Indonesia. Hal ini menjadi salah satu penyebab masih tingginya harga layanan pitalebar. Ketersediaan jaringan tulang punggung serat optik pada tahun 2012 baru menjangkau 346 kabupaten/kota atau sekitar 69,6% dari total kabupaten/kota di Indonesia. Jaringan tulangpunggung tersebut menjangkau sebagian besar wilayah barat Indonesia. Dari total 118 kabupaten/ kota yang terdapat di Koridor Ekonomi Jawa, 117 kabupaten/kota (99,2%) sudah dijangkau jaringan tulang punggung serat optik nasional. Adapun ketersediaan jaringan tulang punggung serat optik di Koridor Ekonomi Sumatera menjangkau 109 dari 151 kabupaten/kota (72,2%). Sebaliknya, Koridor Ekonomi Maluku-Papua belum dijangkau oleh tulang punggung serat optik. Rencana pembangunan Palapa Ring secara rinci diuraikan pada gambar 4.

Di sisi lain, Indonesia memiliki potensi yang besar dengan melakukan percepatan infrastruktur pitalebar. Masih dalam dokumen RPI, terdapat 4 potensi yang akan berkembang jika percepatan ini dilakukan, yaitu :

- Potensi pertumbuhan sektor teknologi informatika dan komunikasi (TIK) yang besar.
- Pasar yang besar
- Potensi penduduk yang produktif
- Potensi peningkatan keterhubungan antar pulau



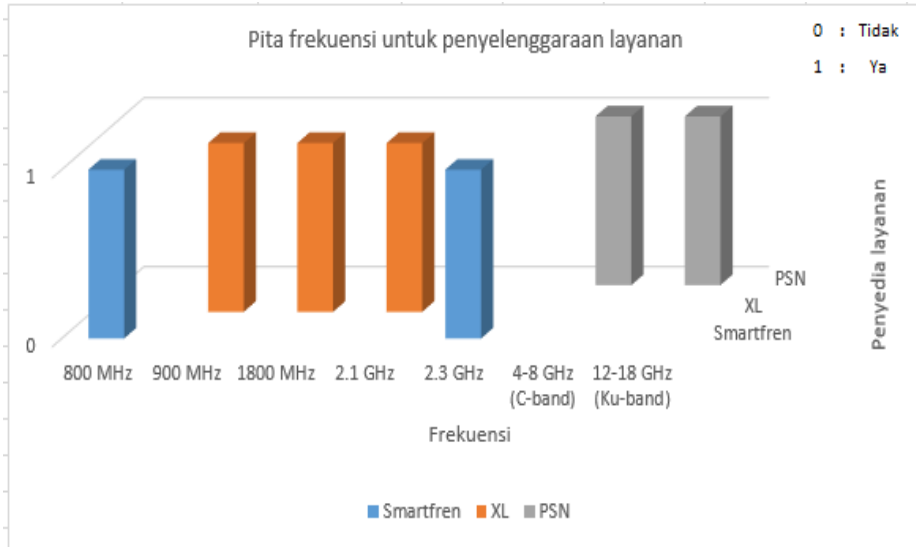
Sumber: Kementerian Kominfo, 2016

Gambar 4. Peta rencana pembangunan serat optik Palapa Ring Indonesia

Berdasarkan pemaparan di atas, diperlukan teknologi komplementer (pelengkap) untuk mempercepat penyediaan infrastruktur pitalebar nasional disamping tetap melakukan penggelaran optik salah satunya adalah satelit. Keuntungan penggunaan satelit ini adalah waktu penggelaran yang cepat dan mampu mencakup area layanan yang luas. Salah satu bands satelit yang menjadi kandidat pendukung layanan pitalebar adalah Ka-bands. Sistem satelit ini bekerja pada daerah frekuensi 26,5 – 40GHz.

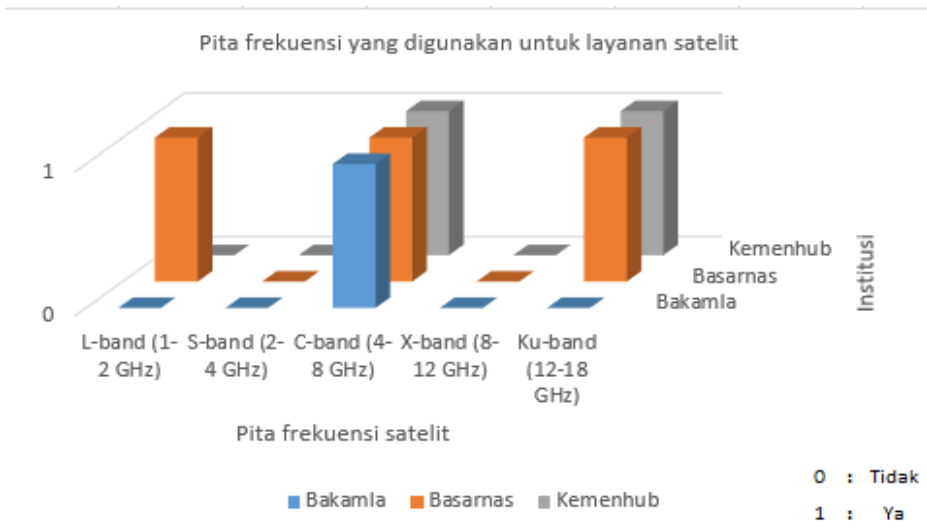
### **Kondisi *Existing* Penggunaan Layanan Komunikasi Satelit Termasuk Alokasi Spektrum, *Filing*, dan Slot Orbit Satelit di Indonesia**

Satelit yang masih aktif dioperasikan oleh Indonesia saat ini berjumlah 7 buah satelit dimana 5 satelit untuk mendukung layanan FSS (*Fixed Satellite Service*), 1 buah satelit BSS (*Broadcast Satellite Service*), dan 1 satelit EESS (*Earth Exploration Satellite Service*) pada slot orbit 108° BT, 108.2° BT, 113° BT, 118° BT, 123° BT, 146° BT dan 150.5° BT.



Sumber: Data diolah

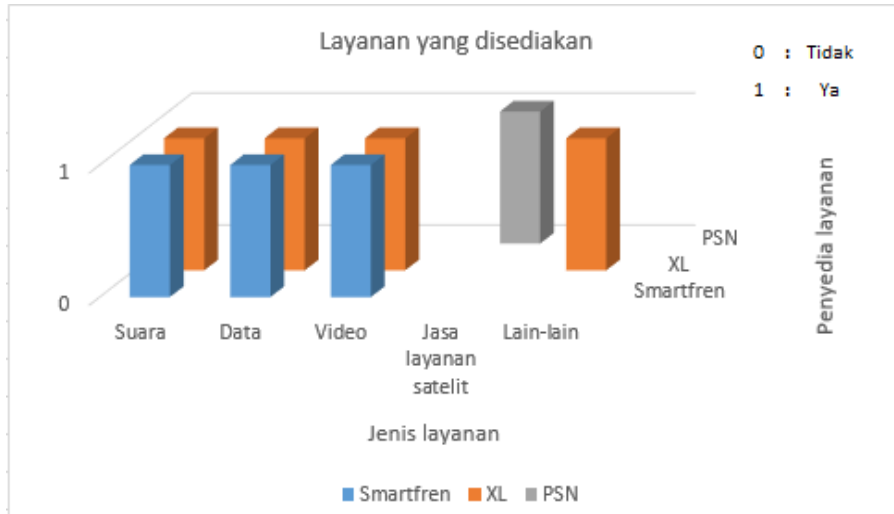
Gambar 5. Pita frekuensi untuk penyelenggaraan layanan telekomunikasi



Sumber: Data diolah

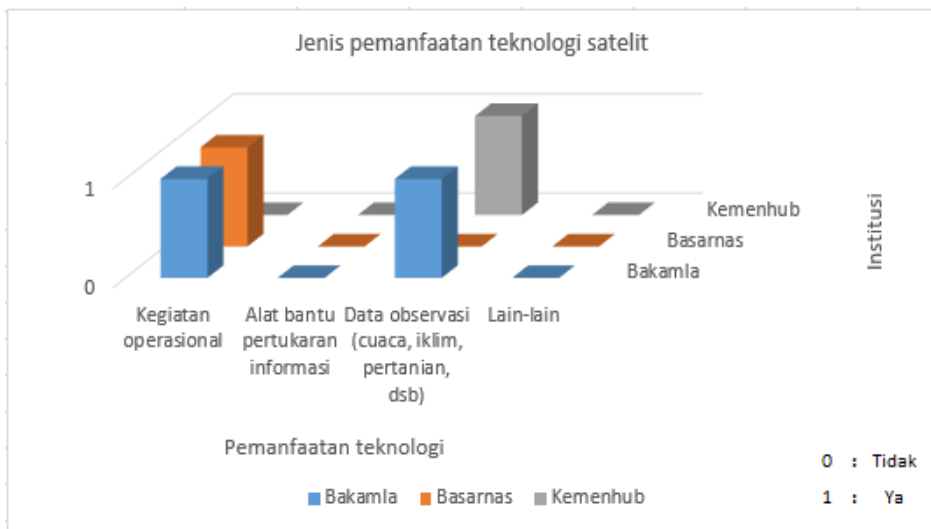
Gambar 6. Pita frekuensi yang digunakan saat ini untuk layanan satelit

Spektrum frekuensi yang digunakan untuk komunikasi satelit di Indonesia mayoritas adalah C-band dan sebagian lagi menggunakan pita frekuensi L-band, S-band, X-band, dan Ku-band.



Sumber: Data diolah

Gambar 7. Jenis layanan yang diselenggarakan oleh industri

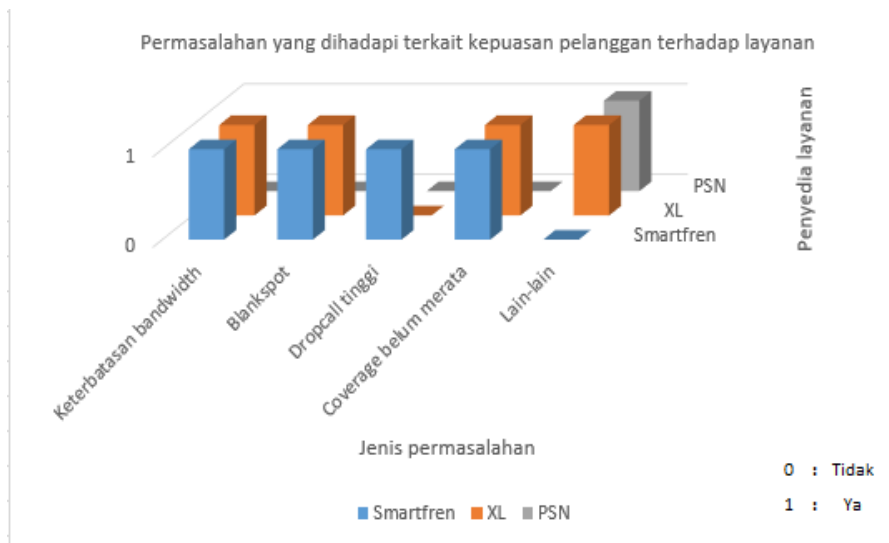


Sumber: Data diolah

Gambar 8. Pemanfaatan teknologi satelit oleh pemerintah

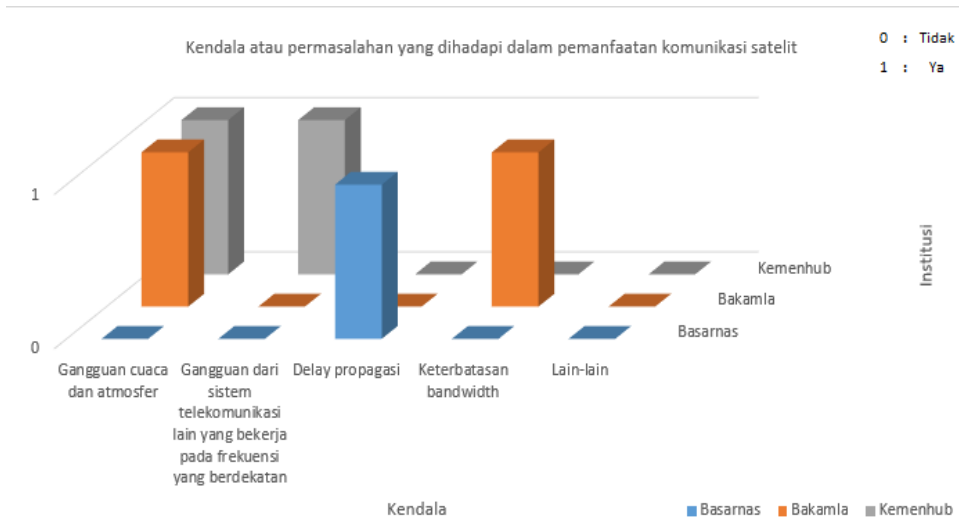
Pemanfaatan sistem komunikasi satelit di Indonesia digunakan untuk sejumlah keperluan baik untuk komunikasi suara, video, dan data antara lain untuk navigasi penerbangan, pemantauan wilayah kelautan termasuk sumber daya laut, pengamanan wilayah laut, pemantauan iklim dan cuaca, penanganan kondisi darurat seperti bencana alam, kecelakaan transportasi, dan lain-lain. Hal-hal lainnya yang dilakukan melalui pemanfaatan komunikasi satelit yakni sebagai jaringan transmisi antar BTS (*backhaul*) untuk komunikasi bergerak seluler, penginderaan jauh, komunikasi untuk layanan perbankan, *broadcasting* hingga komunikasi untuk keperluan pertahanan dan keamanan.

Kendala yang dijumpai dalam pemanfaatan komunikasi satelit di Indonesia saat ini dapat dilihat pada gambar 9 dan 10, antara lain gangguan cuaca dan atmosfer, keterbatasan *bandwith* untuk pita frekuensi satelit *existing*, dan *delay* propagasi dikarenakan jarak yang jauh antara satelit dan stasiun bumi. Gangguan cuaca dan atmosfer lebih banyak terjadi pada komunikasi satelit *existing* yang menggunakan pita frekuensi tinggi Ku-band.



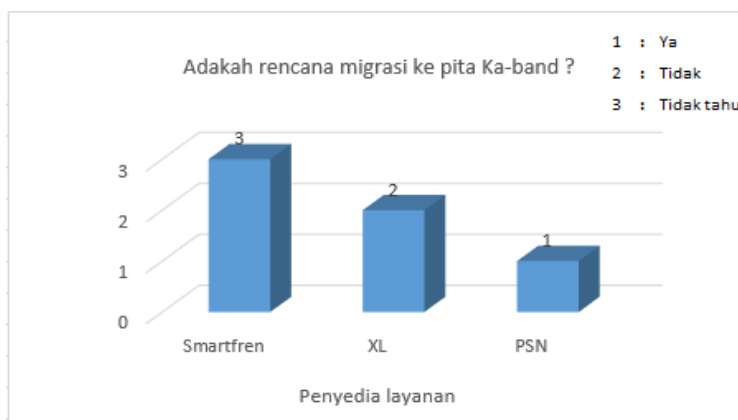
Sumber: Data diolah

Gambar 9. Kendala dalam penyelenggaraan layanan kepada pelanggan



Sumber: Data diolah

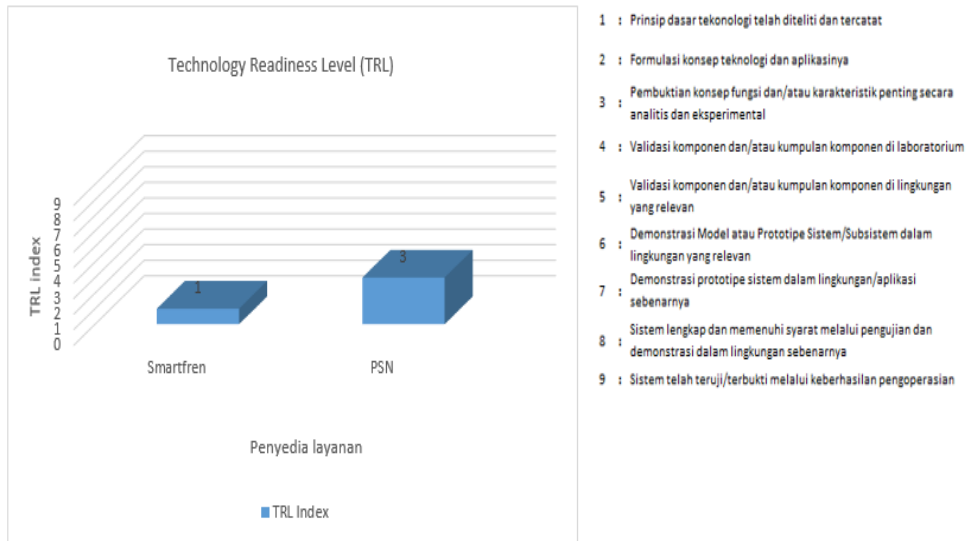
Gambar 10. Kendala dalam pemanfaatan teknologi satelit



Sumber: Data diolah

Gambar 11. Rencana penggunaan frekuensi Ka-band oleh industri

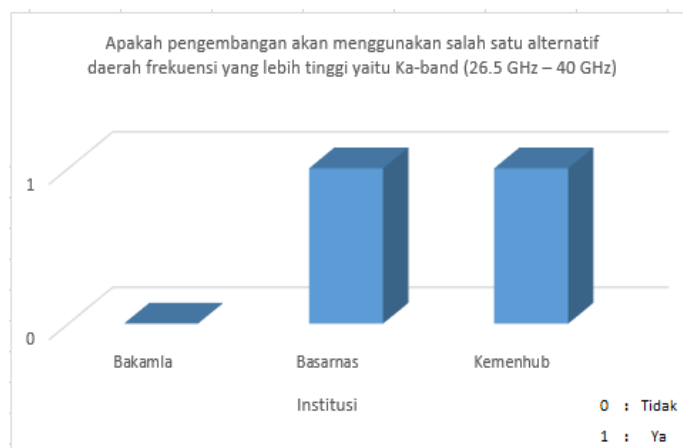
Terkait rencana penggunaan pita frekuensi Ka-band untuk industri seluler belum ada rencana namun untuk industri satelit sudah mulai mencoba melakukan persiapan apabila nantinya akan melakukan ekspansi penggelaran layanan telekomunikasi hingga ke pita frekuensi tinggi termasuk Ka-band seperti ditunjukkan gambar 11.



Sumber: Data diolah

Gambar 12. Kesiapan industri untuk pemanfaatan frekuensi Ka-band

Gambar 12 menunjukkan tingkat kesiapan industri dalam penggelaran layanan satelit Ka-band. Tingkat kesiapan industri seluler berada pada level 1 yakni tahap penelitian dan pencatatan prinsip dasar teknologi Ka-band. Sementara tingkat kesiapan industri satelit berada pada level 3 yakni pembuktian konsep fungsi dan/atau karakteristik teknologi secara analitis dan eksperimental.



Sumber: Data diolah

Gambar 13. Rencana penggunaan frekuensi Ka-band oleh pemerintah

Gambar 13 menunjukkan beberapa institusi pemerintah berminat untuk mengembangkan atau memperluas pemanfaatan komunikasi satelit di daerah frekuensi yang lebih tinggi salah satunya pada pita frekuensi Ka-band seperti BASARNAS dan Kementerian Perhubungan sementara Bakamla sementara ini belum ada rencana untuk mengembangkan pemanfaatan komunikasi satelit pada pita Ka-band.

Filing Satelit Ka-band diatas Indonesia (90-140BT)											
slot	filing	adm	Date of receipt	Status filing : Notifikasi							
90.75	<a href="#">DRIS-90.75E</a>	J	09.08.2005	105.5	<a href="#">ASIASAT-CKW</a>	CHN	29.10.2014	125.0	<a href="#">CHINASAT-MSB5</a>	CHN	03.11.2010
90.75	<a href="#">N-SAT-90.75E</a>	J	30.11.2012	105.5	<a href="#">ASIASAT-CKZ</a>	CHN	05.12.2011	125.0	<a href="#">CHINASAT-ROUTE8</a>	CHN	11.07.2013
91.5	<a href="#">MEASAT-1A</a>	MLA	24.07.2014	108.2	<a href="#">LUX-G7-20</a>	LUX	01.08.2016	128.0	<a href="#">N-SAT-128E</a>	J	14.02.2012
91.5	<a href="#">MEASAT-1R</a>	MLA	10.12.2010	110.5	<a href="#">SINOSAT-5</a>	CHN	20.12.2011	128.2	<a href="#">COMS-128.2E</a>	KOR	26.02.2008
95.0	<a href="#">INTELSAT KA 95E</a>	HOL	19.12.2002	113.0	<a href="#">INFOSAT-B</a>	KOR	27.05.2008	130.0	<a href="#">CHNSAT-130E</a>	CHN	28.10.2010
95.0	<a href="#">NSS-G2-18</a>	HOL	23.10.2015	115.5	<a href="#">CHINASAT-115.5E</a>	CHN	23.07.2014	130.0	<a href="#">CHNSAT-2-130E</a>	CHN	16.09.2011
95.0	<a href="#">NSS-KA41</a>	HOL	30.08.2011	115.5	<a href="#">CHINASAT-MSB4</a>	CHN	04.06.2014	130.0	<a href="#">SINOSAT-3C</a>	CHN	09.12.2005
98.0	<a href="#">CHINASAT-44</a>	CHN	18.11.2008	115.5	<a href="#">CHINASAT-ROUTE7</a>	CHN	28.01.2014	132.0	<a href="#">JCSAT-FO-132E</a>	J	12.10.2010
98.0	<a href="#">CHINASAT-64</a>	CHN	16.07.2008	115.5	<a href="#">DFH-5-OD</a>	CHN	21.11.2005	132.0	<a href="#">N-SAT-M-132E</a>	J	14.02.2012
98.2	<a href="#">CHNSAT-98E</a>	CHN	24.12.2012	116.0	<a href="#">INFOSAT-C</a>	KOR	28.09.1999	132.0	<a href="#">N-STAR-A</a>	J	06.04.1995
100.5	<a href="#">ASIASAT-EKZ</a>	CHN	05.12.2011	116.1	<a href="#">PACIFISAT-9</a>	PNG	18.12.2013	136.0	<a href="#">N-STAR-B</a>	J	04.10.1995
101.5	<a href="#">CHINASAT-45</a>	CHN	07.09.2005	119.5	<a href="#">THAICOM-IP1</a>	THA	13.05.2009	140.0	<a href="#">AUS-NBN-3</a>	AUS	29.09.2015
102.8	<a href="#">APSTAR-102E</a>	CHN	22.11.2005	122.2	<a href="#">ASIASAT-AKZ</a>	CHN	05.12.2011	140.0	<a href="#">MTSAT-140E</a>	J	04.06.2008
103.0	<a href="#">CHINASAT-65</a>	CHN	16.07.2008	124.0	<a href="#">N-SAT-124E</a>	J	14.02.2012	140.0	<a href="#">MTSAT-B-140E</a>	J	03.10.2008
105.0	<a href="#">CHINASAT-46</a>	CHN	22.08.2005	125.0	<a href="#">CHINASAT-49</a>	CHN	22.11.2005	140.0	<a href="#">EXPRESS-10KA</a>	RUS	02.04.2012

Jarak antar slot orbit rata-rata 2 derajat

Sumber: Ditjen SDPPI Kementerian Kominfo, 2016

Gambar 14. *Filing* satelit Ka-band di atas wilayah Indonesia

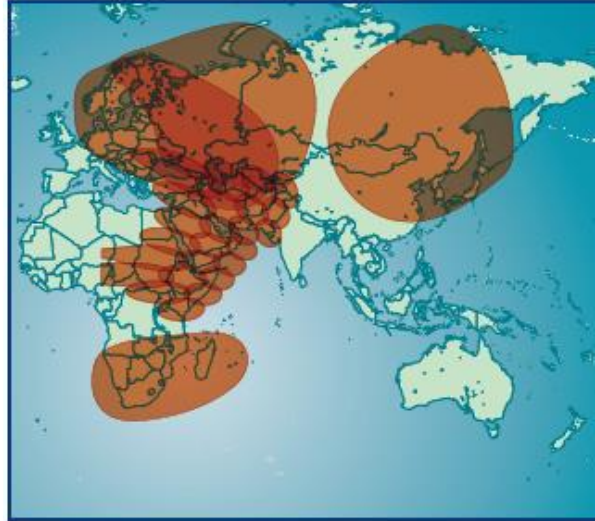
Layanan satelit Ka-band sendiri saat ini belum digelar karena *filing* satelit Ka-band yang diajukan oleh sejumlah operator domestik saat ini masih dalam status koordinasi dengan *filing* satelit Ka-band milik negara asing di atas wilayah Indonesia yang sudah terlebih dahulu mendapatkan status notifikasi dimana terdapat delapan *filing* Ka-band yang diajukan oleh operator satelit Indonesia. Menurut data yang diperoleh baik dari industri maupun pemerintah dalam hal ini Kementerian Kominfo proses untuk mendapatkan *filing* satelit Ka-band memerlukan waktu yang panjang karena saat ini di atas wilayah Indonesia cukup padat ditempati oleh *filing*

Ka-band milik negara asing dimana status *filing* tersebut sudah lebih senior dibandingkan dengan pengajuan *filing* satelit Ka-band yang diajukan oleh operator Indonesia dengan jarak rata-rata antar *filing* Ka-band sebesar 2 derajat. Jumlah *filing* Ka-band milik negara asing yang ada di atas wilayah Indonesia tersebut berjumlah 45 *filing* dengan status *filing* sudah mendapatkan notifikasi dari ITU sebagaimana tersaji pada gambar 14.

Kompetisi yang ketat dalam mendapatkan *filing* satelit Ka-band juga dapat dilihat dari koordinasi yang masih berlangsung saat ini antara operator dari Inggris O3B dengan operator satelit domestik dimana *filing* satelit Ka-band milik O3B beririsan atau *overlapping* dengan *filing* Ka-band yang diajukan oleh sejumlah operator satelit Indonesia. Menimbang keunggulan yang dimiliki Ka-band dan sudah banyak digunakan oleh sejumlah negara maka jika akan menggelar layanan satelit Ka-band dengan meluncurkan satelit sendiri maka mendapatkan *filing* satelit Ka-band merupakan hal yang sangat penting.

### **Kelebihan dan Kekurangan Pita Frekuensi Ka-band Dibandingkan dengan Pita Frekuensi C-Band Dan Ku-Band**

Pita frekuensi Ka-band yang berada pada rentang (26.5 - 40) GHz memiliki sejumlah kelebihan yang menyebabkan pita frekuensi ini menjadi daya tarik bagi industri untuk menyelenggarakan layanan komunikasi satelit. Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan, telah diidentifikasi keunggulan yang dimiliki oleh pita frekuensi Ka-band antara lain *bandwidth* yang lebih besar yang mencapai  $\pm 3.5$  GHz yang memungkinkan layanan *high throughput satellite* generasi lanjutan dengan kecepatan hingga 100 Gbps. Hal ini tentu mendukung layanan yang membutuhkan *bandwidth* yang besar seperti *broadband internet*, *video on demand*, dan *broadcasting*. Fitur lain adalah *multispot beam* dan *frequency reuse* dimana fitur ini membuat penggunaan frekuensi menjadi lebih efisien.



Sumber: NewSat, 2012

Gambar 15. *Multispot beam* Ka-band

Kelebihan lain yang dimiliki pita frekuensi Ka-band adalah karena berada pada daerah frekuensi tinggi maka berdampak terhadap ukuran diameter antena pada perangkat VSAT CPE yang lebih kecil dibandingkan dengan diameter antena VSAT yang menggunakan pita C-band dan Ku-band sehingga membuat perangkat CPE lebih mudah untuk dibawa dan harga perangkat lebih murah dibandingkan dengan perangkat CPE C-band dan Ku-band. Namun begitu pita frekuensi Ka-band memiliki kekurangan yang perlu diantisipasi yakni pengaruh cuaca khususnya hujan terhadap kualitas sinyal komunikasi satelit. Posisi pita frekuensi Ka-band yang lebih tinggi daripada C-band dan Ku-band membuatnya lebih sensitif terhadap faktor hujan. Teknik ACM (*Adaptive Coding and Modulation*) dan *power control* dapat digunakan untuk mengatasi efek sensitivitas terhadap hujan dari sistem satelit Ka-band.

### **Pasar Atau Market Dan Tren Layanan Yang Berpotensi Menggunakan Komunikasi Satelit Pada Pita Frekuensi Ka-Band**

Berdasarkan hasil pengumpulan data diperoleh informasi tentang pemanfaatan sistem komunikasi satelit Ka-band di dunia internasional cukup luas

mulai dari segmen korporasi, pemerintahan hingga konsumen individu atau rumah tangga. Layanan yang dapat difasilitasi oleh Ka-band untuk setiap segmen dapat dilihat pada gambar 16.

User Family	Communication Services Applications
Consumer	Internet Access
	Webcasting and Streaming
	IPTV with push VoD
	IP Multicast and Push platform
	Direct-To-Home Television service
	High quality audio
Corporate, Business	Video-on demand
	Broadband Internet Access
	Site Interconnection
	Intranet and VPN with secure data exchange
	Machine to Machine Supervisory Control / Data
Governmental, Institutions	Satellite News Gathering
	Broadband Internet Access
	VPN and CNI with secure data exchange
	Emergency Communication Networks
	Back up and Disaster Recovery Networks
	Distance learning
Distance Healthcare	

Sumber: Thales Alenia Space, 2007

Gambar 16. Layanan satelit Ka-band

Satelit Ka-band dapat mendukung layanan mulai dari internet, *broadcasting*, jaringan transmisi (*backhaul/site interconnection*), *inter-satellite link*, hingga untuk keperluan komunikasi untuk penanganan kondisi darurat serta layanan pendidikan dan kesehatan jarak jauh. Kapasitas yang besar dan fitur *multispot beam* memungkinkan satelit Ka-band dapat menyokong variasi layanan yang lebih luas. Sejumlah layanan yang sudah diselenggarakan tersebut saat ini sebagian sudah difasilitasi oleh beberapa teknologi *existing* antara lain teknologi seluler, teknologi satelit pada pita frekuensi *existing*, serat optik Palapa Ring. Teknologi lainnya yang dapat diposisikan sebagai komplemen atau kompetitor terhadap satelit Ka-band termasuk HAPS (*High Altitude Platforms*) dan *Facebook Drone*. Salah satu contoh komparasi yang coba ditinjau yakni untuk penerapan satelit Ka-band di wilayah

Australia dimana teknologi yang dikomparasikan dengan satelit Ka-band adalah teknologi serat optik.

Dokumen “*An Analysis on Ka-band Satellite for NBN*” menyebutkan bahwa pemerintah Australia menggunakan satelit Ka-band sebagai salah satu infrastruktur untuk menggelar NBN (*National Broadband Network*). Selain satelit K-band, infrastruktur yang dipergunakan adalah FTTP (*Fiber To The Premises*) dengan porsi 93% total populasi, serta FWA (*Fixed Wireless* dengan porsi 4% populasi. Sehingga asumsi akses menggunakan satelit Ka-band sebanyak 3% populasi. Biaya investasi penggelaran satelit Ka-band sebagai NBN Australia sebesar AUS\$ 1,6 Miliar. Sedangkan biaya per *premise* yang harus diinvestasikan sebesar AUS\$ 11 ribu. Biaya operasional per *premise* yang dinyatakan sebagai ARPU (*Average Revenue Per User*) sebesar AUS\$ 25.

Dalam dokumen tersebut juga disebutkan bahwa infrastruktur utama akses NBN di sisi *premises* (pelanggan) adalah serat optik. Sedangkan infrastruktur lainnya yaitu FWA dan satelit Ka-band berfungsi sebagai infrastruktur pelengkap untuk menjangkau lokasi yang tidak dapat terlayani oleh serat optik seperti *remote area*. Layanan internet melalui sistem satelit Ka-band dialokasikan untuk wilayah dengan kepadatan populasi maksimal satu pengguna per 2 – 5 km<sup>2</sup>, yang apabila menggunakan serat optik atau FWA secara biaya terlalu tinggi. Pada tahun 2011 perkiraan jumlah pengguna internet melalui satelit Ka-band di Australia sebanyak 200.000 pengguna (*premises*). Total *bandwidth* satelit yang tersedia untuk NBN sebesar 80 Gbps yang setara dengan 12 Mbps akses di sisi pengguna. Hal yang tidak kalah penting untuk dibahas adalah dampak dari ketersediaan akses pitalebar bagi pengembangan ekonomi berbasis teknologi informasi. Sebagai contoh di Korea Selatan, di awal milenium dengan penyediaan infrastruktur pitalebar yang sangat handal, pertumbuhan transaksi e-commerce mencapai 3 kali lipat dalam kurun 2000 – 2002. Selain itu dampak yang sangat besar adalah terciptanya 600.000 lapangan pekerjaan baru dalam kurun waktu 1998 – 2002. Sehingga dapat dikatakan bahwa

dampak tidak langsung yang bersifat jangka panjang memberi pengaruh besar bagi pertumbuhan ekonomi suatu negara.

Selain di Australia, satelit Ka-band juga telah digelar di United Kingdom. Satelit Ka-band dimanfaatkan untuk menggelar layanan USO (*Universal Service Obligations*) melalui layanan *broadband satellite* untuk wilayah rural di Inggris, Skotlandia, Wales, dan Irlandia Utara. Penggelaran sistem satelit Ka-band tersebut merupakan kerjasama antara Avonline dengan operator satelit Eropa dan teknologi satelit tersebut diposisikan untuk melengkapi cakupan layanan yang disediakan melalui jaringan serat optik dan terestrial. Begitu juga di wilayah Amerika Latin, teknologi satelit juga menjadi salah satu solusi untuk program USO. Satelit milik Brazil yakni *Geostationary Defense and Strategic Communications Satellite*(SGDC) rencana akan diluncurkan di tahun 2016 dan direncanakan akan beroperasi secara penuh pada tahun 2017 yang memiliki 7 transponder X-band dan 50 transponder Ka-band. Satelit tersebut ditujukan untuk menjangkau 2000 kota di *remote region* bagian utara Brazil dimana penggelaran jaringan serat optik dinilai kurang layak secara ekonomi. Setelah peluncuran tersebut nantinya juga direncanakan akan diluncurkan satelit berikutnya yakni SGDC1 yang ditujukan selain untuk meningkatkan kapasitas jaringan pita lebar dan menurunkan biaya layanan per Mb (*Mbps cost*) juga untuk memperluas jangkauan layanan ke wilayah yang sulit dijangkau oleh serat optik.

Merujuk kepada beberapa kasus di sejumlah wilayah tersebut dapat dilihat bahwa teknologi satelit lebih bersifat sebagai teknologi pelengkap atau komplemen terhadap teknologi lainnya. Selain itu keberadaan teknologi satelit Ka-band juga perlu diatur sedemikian rupa sehingga dapat bersinergi dengan teknologi lainnya dalam arti tidak saling mengganggu baik dari aspek teknis maupun non teknis.

### **Pembagian Spektrum Ka-Band Berdasarkan Jenis Layanan**

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan diperoleh hasil bahwa sesuai regulasi ITU-R (*International Telecommunication Union*

*Radiocommunication*), Indonesia menempati *region 3* untuk alokasi spektrum frekuensi radio termasuk untuk pita frekuensi Ka-band. Layanan satelit sendiri secara garis besar meliputi tiga jenis yakni MSS (*Mobile Satellite Service*), FSS (*Fixed Satellite Service*), dan BSS (*Broadcast Satellite Service*) dengan alokasi untuk *region 3* sebagaimana terlihat pada gambar 25

- *Mobile Satellite Service* : (20.1-21.2 GHz), (29.9-31) GHz
- *Fixed Satellite Service* : (17.7-21.2) GHz, (24.75-25.75) GHz, (27-31) GHz
- *Broadcast Satellite Service* : (21.4-22) GHz



Sumber: Avanti Communication Group plc, 2012

Gambar 17. Alokasi frekuensi Ka-band berdasarkan regulasi ITU-R

*Filing* satelit Ka-band yang sedang dalam proses didaftarkan ke ITU oleh Indonesia saat ini ada dalam rentang frekuensi (17.7-20.2) GHz dan (27.5-31) GHz.

### SWOT (*Strength, Weakness, Opportunity, Threat*)

Berdasarkan analisis terhadap data terkait keempat permasalahan penelitian dapat dirumuskan hasil analisis untuk faktor keunggulan (*strength*), kelemahan (*weakness*), peluang (*opportunity*), dan tantangan (*threat*) tentang pita frekuensi Ka-band untuk komunikasi satelit sebagaimana dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis SWOT Ka-band

<i>Strengths</i>	<i>Weaknesses</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ketersediaan <i>bandwidth</i> dan throughput yang besar</li> <li>• Biaya berlangganan per Mbps/bulan lebih rendah jika dibandingkan dengan biaya serupa pada sistem satelit C-band dan Ku-band</li> <li>• Diameter antena stasiun bumi lebih kecil (sekitar 74 cm) sehingga harga CPE lebih rendah dan lebih <i>portable</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redaman propagasi yang besar (hujan, awan, gas-gas atmosfer, dan scintilasi). Berdasarkan hasil studi yang telah dilakukan oleh [Isyana Gita P.] diperoleh hasil nilai redaman hujan rata-rata untuk komunikasi uplink sebesar 122 dB dan komunikasi downlink sebesar 64 dB. Penelitian dilakukan pada sistem satelit teledesic yang mengorbit pada ketinggian dibawah 2.000 km (LEO).</li> <li>• Biaya implementasi yang besar</li> </ul>
<i>Opportunities</i>	<i>Threats</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Layanan multimedia internet yang lebih bervariasi dengan kecepatan yang tinggi. Diantaranya adalah <i>video conference, video phone, tele-medicine, tele-education</i>, dan lain-lain</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengembangan teknologi mitigasi baru dan pengembangan sistem hybrid bands untuk menangani tantangan lingkungan propagasi yang menjadi masalah pada frekuensi yang lebih tinggi (jika dibandingkan dengan C-bands dan Ku-bands)</li> <li>• Pengembangan perangkat User Equipment (UE) yang bersifat portable</li> <li>• Terdapat 8 <i>filing</i> satelit Indonesia yang akan beroperasi pada Ka-bands, namun statusnya masih koordinasi. Satelit O3B milik UK memiliki <i>filing</i> di atas wilayah Indonesia (5°LU – 5°LS). Sehingga dengan status <i>filing</i> yang lebih junior, satelit Indonesia berpotensi tidak dapat memanfaatkan frekuensi Ka-bands.</li> </ul>

Sumber: Data diolah



## Simpulan

Berdasarkan hasil analisa diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Layanan satelit di Indonesia belum ada yang beroperasi di pita Ka-band, saat ini sebagian besar beroperasi pada pita C-band karena pita ini paling tangguh dalam menghadapi halangan hujan dan cuaca yang sering terjadi di Indonesia dan daerah tropis lainnya namun memiliki kapasitas yang terbatas. Layanan satelit yang digunakan saat ini sebagian memanfaatkan satelit domestik dan sebagian lagi satelit asing. Salah satu tantangan besar bagi Indonesia terkait penggelaran satelit Ka-band adalah Indonesia belum memiliki *filing* satelit Ka-band *mature* sementara kompetisi dalam mendapatkan *filing* Ka-band semakin ketat.
2. Pita Ka-band memiliki keunggulan kapasitas yang lebih besar, efisiensi lebih baik dalam penggunaan frekuensi, biaya *bandwith* dan harga CPE yang lebih rendah dibandingkan dengan layanan satelit pada pita C-band dan Ku-band. Karakteristik pita Ka-band yang rentan terhadap hujan menjadi hal yang perlu diantisipasi mengingat Indonesia merupakan wilayah dengan curah hujan yang tinggi.
3. Teknologi satelit Ka-band dapat memfasilitasi beragam layanan dari segmen individu, korporasi, maupun pemerintahan. Mengingat wilayah Indonesia memiliki curah hujan tinggi serta bervariasi dan keunggulan pita Ka-band maka untuk wilayah Indonesia pita Ka-band cocok digunakan untuk penyelenggaraan *broadband internet*.
4. Berdasarkan regulasi ITU dan nasional, alokasi pita frekuensi Ka-band untuk wilayah Indonesia berada pada region tiga dengan rentang (17.7-20.2) GHz dan (27.5-31) GHz.

## Saran

1. Studi lebih jauh mengenai teknologi satelit Ka-band untuk wilayah Indonesia perlu dilakukan antara lain :
  - Studi teknis untuk mengetahui pengaruh curah hujan di Indonesia terhadap performansi komunikasi satelit
  - Studi non teknis teknologi satelit Ka-band yang meliputi analisa kebutuhan dan manfaat ekonomi bagi masyarakat terutama di wilayah rural dan industri beserta komparasinya dengan teknologi lain
2. Penyusunan *roadmap* satelit termasuk untuk Ka-band sehingga industri dan pemerintah memiliki rencana terukur apabila ingin menyelenggarakan satelit Ka-band terutama terkait *filing* satelit Ka-band dan penataan frekuensi untuk pita Ka-band sehingga keberadaan layanan satelit pada pita Ka-band dapat bersinergi dengan teknologi yang lain khususnya teknologi *existing* maupun teknologi baru.

## DAFTAR PUSTAKA

- Airbus Defence and Space. (2014). White Paper: A Review of the Two Primary Types of Ka Satellite Systems.
- Ana Freitas. (2016). <http://interactive.satellitetoday.com/latin-america-government-and-new-players-demand-more-capacity/>, diakses pada tanggal 27 November 2016.
- Avanti Communications Group plc. (2012). Overview of Ka-band Satellite System Developments and Key Regulatory Issues.
- Baso Maruddani, Adit Kurniawan, Sugihartono, A. M. (2011). Performance Evaluation of Ka-band Satellite Communication Systems in Rain Fading Channel at Tropical Area. *IEEE*.
- BKMG. (2016). Buku Analisis Hujan Mei 2016 dan Prakiraan Hujan Juli-Agustus-September”2016.
- Chuan HE, Yecai Guo, W. Z. (2015). Simulink Implementation of Ka-Band Mobile Satellite Channel Comprehensive Model. *International Conference on Computer, Mechatronics, Control, and Electronic Engineering*.
- Corinne Reichert. (2016). <http://www.zdnet.com/article/uso-facing-government-review-thanks-to-regional-telco-report>, diakses pada tanggal 26 November 2016.
- CSI. (2016). <http://www.csimagazine.com/csi/Satellite-broadband-for-UK-USO.php>, diakses pada tanggal 26 November 2016.
- Dissanayake, A. (2002). Ka-Band Propagation Modelling for Fixed Satellite Applications. *Online Journal of Space Communication*.
- Ditjen SDPPI, Kementerian Komunikasi dan Informatika. (2016). Penggunaan Pita Frekuensi Ka-band untuk Komunikasi Satelit di Indonesia. disampaikan dalam FGD Ka-band tanggal 29 September 2016.

- Elbert, B. R. (2008). *Introduction to Satellite Communication* (Third). Norwood: Artech House Inc.
- Ericsson. (2015). *Microwave Towards 2020 : Delivering High Capacity and Cost Efficient Backhaul for Broadband Networks Today and in the Future*.
- FCC. (n.d.). FCC - Electronic Comment *Filing System* – Proceeding Number 14-177. Retrieved from [http://apps.fcc.gov/ecfs/comment\\_search/paginate?proceeding=14-](http://apps.fcc.gov/ecfs/comment_search/paginate?proceeding=14-)
- G. Hendranto et al. (2013). Implementation Site Diversity Method on Ka-band Satellite to Reduce the Impact of Rain Attenuation in the Tropics Area.
- Guillaume Benoit, Hector Fenech, S. P. (2009). Triple Play Over Satellite, Ka-Band Making The Difference. *LNICST*, 15, 20–28.
- Hasanuddin, Z. B. (2014). Design of Ka-band Satellite Links in Indonesia. *Journal of Electrical Computer Energetic Electronic and Communication Engineering*, 8(8).
- ITU-R. (2005). Recommendation ITU-R P.838-3, Specific Attenuation Model for Rain for Use in Prediction Method.
- Kandella, P. (n.d.). Studi Perencanaan Satelit Broadband Nasional Menggunakan Ka-Band”, Laboratorium Telekomunikasi Radio dan Gelombang Mikro.
- Kementerian Komunikasi dan Informatika. (2014). Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2014 tentang Penggunaan Spektrum Frekuensi Radio untuk Dinas Satelit dan Orbit Satelit.
- M. Zhang, M. Shen, M. Booker, R. Khan, S. V. (2011). An Analysis on Ka-band Satellite for NBN. Carnegie Mellon Heinz College.
- Mastel Indonesia. (2016). <http://www.mastel.id/indonesia-sampai-saat-ini-masih-gunakan-satelit-c-band/>, diakses pada tanggal 26 November 2016.
- Michael Marcus, B. P. (2005). Millimeter Wave: Spectrum Management Implications. *IEEE*.

- Muhammad Mimsyad, Abdullah Bazergan, Y. R. (2014). Study of Performance Analysis of Ka-Band Satellite Communication Link in Makassar. *IEEE*.
- NASA. (2016). Ka-Band Represents the Future of Space Communications. Retrieved from [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/research/news/ka\\_band](https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/news/ka_band)
- NewSat Ltd ABN. (2012). Ka-band. misc, Melbourne.
- NewSat Ltd ABN. (2013). Not All Ka-band Satellite Are The Same. Melbourne.
- S.L. Jong, H.Y. Lam, J.Din, M. D. A. (2015). Investigation of Satellite Communication Propagation in Equatorial Regions. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 10(20).
- Samsung. (n.d.). Samsung Announces World's First 5G mmWave Mobile Technology. Retrieved from <http://global.samsungtomorrow.com/samsung-announces-worlds-first-5g-mmwave-mobi>
- Seybold, J. (2005). *Introduction to RF Propagation*. New Jersey: John Wiley and Sons Inc.
- Sheriff Ray. (2001). *Mobile Satellite Communication Networks*. England: John Wiley and Sons Inc.
- Thales Alenia Space. (2007). Broadband Satellite Communications in Ka-band : System Approach and Solutions.
- U. Kesavan, Md. Rafiqul Islam, K. A. (2014). Rain Attenuation Prediction For Higher Frequencies in Microwave Communication Using Frequency Scaling Technique. *IEEE*.
- XL Axiata. (2016). Teknologi Ka-band Satelit untuk Layanan Next Generation Broadband di Indonesia. disampaikan dalam FGD Ka-band tanggal 29 September 2016.