

Kajian teknologi *High Altitude Platform* (HAP)

Study of High Altitude Platform (HAP) technology

Amry Daulat Gultom¹, Diah Yuniarti²

^{1,2}Puslitbang Sumber Daya, Perangkat dan Penyelenggaraan Pos dan Informatika

^{1,2}Jl. Medan Merdeka Barat No.9 Jakarta 10110, Indonesia

e-mail: ¹amry002@kominfo.go.id, ²diah010@kominfo.go.id

INFORMASI ARTIKEL

Naskah diterima 12 Juni 2016

Direvisi 2 Juli 2016

Disetujui 18 Juli 2016

Keywords:

HAP

Broadband

Telecommunication

ABSTRACT

High Altitude Platform (HAP) has been developed as an alternative solution in order to overcome limitation of terrestrial and satellite communication system. HAP is an aircraft or balloon situated on 20-50 km above the earth. Main advantages of HAP are flexibility in deployment, low propagation delay, wide elevation angle and broad coverage. The research is conducted to gather HAP potential for broadband communication and its development in Indonesia. Analysis is conducted by descriptive analysis from literature study gather. The research result shows that in Indonesia, there is potential of HAP technology for broadband communication with 2x300 MHz bandwidth within 27,9-28,2 GHz and 31-31,3 GHz. Yet, there are no specific regulations managing frequency allocation for HAP in Indonesia.

ABSTRAK

High Altitude Platform (HAP) merupakan solusi alternatif untuk mengatasi keterbatasan infrastruktur terestrial maupun satelit. HAP merupakan pesawat ataupun balon udara yang ditempatkan pada ketinggian 20-50 km di atas permukaan bumi. Kelebihan yang utama dari HAP adalah kemudahan dalam penempatan, fleksibilitas, biaya operasionalnya rendah, delay propagasi rendah, sudut elevasi lebar, cakupan yang luas. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi HAP untuk komunikasi pita lebar dan perkembangannya di Indonesia. Analisis dilakukan secara deskriptif dengan mengolah data literatur yang didapat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di Indonesia terdapat potensi teknologi HAP untuk komunikasi pita lebar dengan lebar pita 2x300 MHz di band 27,9-28,2 GHz dan 31-31,3 GHz. Namun, belum ada peraturan yang mengatur alokasi frekuensi untuk HAP secara khusus di Indonesia.

Kata kunci :

HAP

Pita Lebar

Telekomunikasi

1. Pendahuluan

Pemerintah mencanangkan pengembangan pita lebar nasional yang dituangkan dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2014 tentang Rencana Pita Lebar Indonesia 2014-2019 dalam rangka meningkatkan daya saing nasional dan kualitas hidup masyarakat Indonesia. Adapun sasaran pembangunan pita lebar Indonesia hingga tahun 2019 adalah tingkat penetrasi prasarana akses tetap pita lebar sebesar 30% dari total populasi di perkotaan dan 6% dari total populasi di pedesaan. Sedangkan, sasaran untuk akses bergerak pita lebar dengan kecepatan 1 Mbps dapat menjangkau seluruh populasi perkotaan dan 52% populasi pedesaan.

Hingga tahun 2013, penetrasi pita lebar akses tetap Indonesia baru mencapai 1.3% (Broadband Commission, 2014), sedangkan penetrasi pita lebar akses bergerak (diatas 4 MHz) hingga kuartal 1 tahun 2014 juga masih relatif rendah yaitu sekitar 3.5% (Akamai, 2014). Selain perkembangan tingkat penetrasi yang masih rendah, tantangan lain dari tercapainya sasaran rencana pita lebar Indonesia 2014-2019 adalah kondisi geografis Indonesia yang terdiri dari ribuan pulau sehingga menyebabkan terkendalanya pemerataan pembangunan infrastruktur terestrial baik kabel, serat optik, maupun nirkabel. Untuk mengatasi keterbatasan infrastruktur tersebut, pemerintah Indonesia sejak tahun 1976 telah mencanangkan pengembangan sistem komunikasi satelit yang diawali oleh Satelit Palapa A1 yang dilanjutkan dengan

satelit generasi-generasi selanjutnya. Namun, sistem komunikasi yang dibangun dengan satelit memiliki keterbatasan terkait mahalnya biaya peluncuran dan pengoperasiannya.

Solusi alternatif yang dinamakan *High Altitude Platform (HAP)* dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan dari infrastruktur terestrial maupun satelit. HAP adalah stasiun yang beroperasi di ketinggian 20-50 km (International Telecommunications Union, 2012). Kelebihan utama dari sistem HAP adalah kemudahan dalam penempatan, fleksibilitas, biaya operasionalnya rendah, *delay* propagasi rendah, sudut elevasi lebar, cakupan yang luas serta dapat digunakan untuk layanan pita lebar, siaran, maupun pada kondisi bencana. Namun, HAP memiliki kekurangan dalam hal monitoring wahana, teknologi balon udara yang masih memerlukan pengembangan lebih lanjut, serta stabilisasi dari antenna *on-board* yang belum baik (Karapantazis & Pavlidou, 2005).

Berdasarkan berbagai kelebihan yang ditawarkan oleh HAP dibandingkan dengan sistem terestrial dan satelit, penelitian ini akan mengkaji mengenai potensi HAP untuk komunikasi pita lebar, khususnya di Indonesia. Fokus utama dari penelitian ini adalah kajian literatur mengenai perkembangan teknologi HAP.

Berdasarkan fakta yang menjadi latar belakang penelitian ini, maka pertanyaan penelitian adalah bagaimana potensi HAP untuk komunikasi pita lebar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi HAP pada komunikasi pita lebar dan untuk mengetahui perkembangan teknologi HAP khususnya di Indonesia.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Definisi

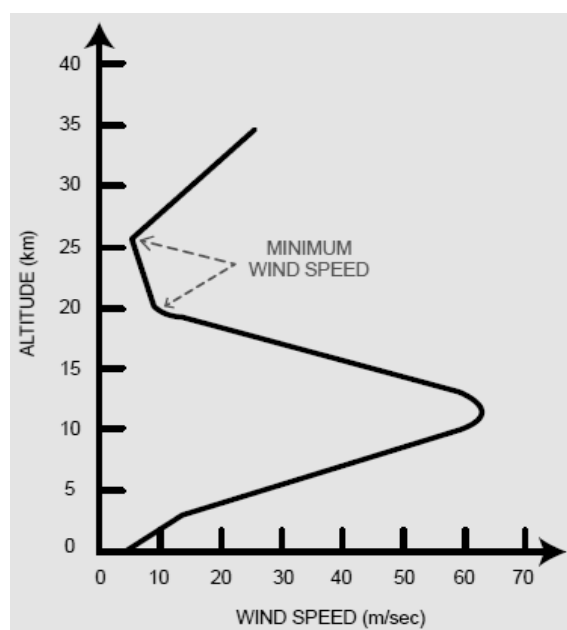
HAP adalah stasiun yang beroperasi di ketinggian 20-50 km (lapisan stratosfer). Stratosfer dipilih sebagai ketinggian posisi HAP dikarenakan tingkat turbulensi yang terendah dan pengaruh angin yang ringan. Gambar 1 menggambarkan hubungan antara kecepatan angin terhadap ketinggian dari permukaan bumi (Roy, 2013). Pada ketinggian ini (yang jauh di atas ketinggian pesawat komersial), HAP dapat mempertahankan posisi kuasi-stasioner, dan muatan dukungan untuk memberikan berbagai layanan terutama komunikasi dan penginderaan jauh.

Lingkungan stratosfer lebih mirip luar angkasa dari pada permukaan laut: suhu rendah, tekanan udara rendah, radiasi surya yang lebih tinggi, dan perpindahan panas konvektif lebih rendah. Pemanenan energi surya yang dibutuhkan untuk menjaga stasiun terhadap angin stratosfer bisa sulit beberapa kali dan di beberapa lokasi geografis. Namun, lingkungan angin stratosfer juga dapat cukup bersahabat di beberapa *latitude* dan selama musim panas, dan pendekatan "*sprint and drift*" navigasi *airship* dapat secara signifikan mengurangi tantangan terkait tenaga penggerak *airship* (Keck Institute for Space Studies, 2014).

2.2. Infrastruktur

Infrastruktur HAP dikategorikan dalam beberapa tipe berbeda (Chauhan, Agarwal, Purohit, & Kumar, 2013), yang ditunjukkan pada Gambar 2, yaitu:

- (1) Balon, yang merupakan *platform* pertama kali digunakan, dengan menggunakan bahan bakar hidrogen.
- (2) *Airship*, merupakan kontainer dengan panjang 100 m atau lebih, yang berisi gas helium. Motor listrik dan baling-baling digunakan untuk menjaga posisi di udara, dan penerbangan *airship* melawan angin.



Gambar 1. Ketinggian vs. Kecepatan Angin (Roy, 2013)

Daya utama yang dibutuhkan untuk tenaga penggerak dan menjaga posisi di udara serta untuk muatan dan aplikasi; yang disediakan dari sel surya dalam bentuk lembaran besar.

- (3) *Aeroplane*, merupakan pesawat bertenaga surya tak berawak, yang diperlukan untuk terbang melawan angin.



Gambar 2. Infrastruktur HAP (kiri-kanan): Balon, *Airship*, *Aeroplane*

Saat ini sudah ada beberapa pengembangan *platform* untuk mendapatkan *platform* berkemampuan terbang dalam jangka waktu yang panjang.

- (1) Airbus – Zephyr

Zephyr menyajikan kemampuan seperti satelit secara *real-time* untuk mencakup wilayah yang luas secara terus-menerus dengan biaya yang rendah.

Dengan menggunakan tenaga surya dan terbang di atas cuaca di 65.000 kaki, Zephyr mengisi kesenjangan kemampuan antara satelit dan *Unmanned Aerial Systems* (UAS) dengan menyediakan solusi yang terjangkau dan mudah beradaptasi. Durasi penerbangan terlama tanpa pengisian bahan bakar selama 14 hari. Pengembangan selanjutnya dilakukan untuk peningkatan sistem daya untuk memungkinkan operasi rutin sepanjang tahun (Airbus Defence and Space, 2015). Penggunaan Zephyr masih di bidang militer, seperti pengamatan maritim dan perbatasan, pengamatan lingkungan, deteksi misil, navigasi, dan lain-lain.

- (2) NASA – BARREL

Pada awal Agustus 2015, para ilmuwan yang didanai National Aeronautics and Space Administration (NASA), Balloon Array for Radiation belt Relativistic Electron Losses (BARREL), melaksanakan misi kampanye pengumpulan data ketiga Swedia utara, setelah dua kampanye 20 balon Antartika pada 2013 dan 2014.

Kampanye mini ini melibatkan enam balon ilmiah, yang diluncurkan selama beberapa hari untuk mengumpulkan pengukuran aliran hujan elektron yang turun ke bumi dari dua sabuk radiasi sekitar bumi yang berbentuk donat, yang biasa disebut sabuk Van Allen. Setiap balon dapat terbang selama dua hari, mengumpulkan data dari dalam stratosfer, 20 mil (32 km) di atas permukaan (National Aeronautics and Space Administration, 2015).

- (3) Google – Project Loon

Google Loon merupakan misi Google dalam menyediakan internet untuk orang yang tinggal di daerah pedesaan dan terpencil. Objek inti yang digunakan dalam proyek ini adalah balon yang ditempatkan di ketinggian sekitar 20 km di atas bumi yang disebut Project Loon.

Pengembangan Project Loon secara tidak resmi dimulai pada tahun 2011 dan secara resmi diumumkan sebagai proyek Google pada 2013. Percobaan percontohan dilakukan di Pulau Selatan Selandia Baru di mana sekitar 30 balon diluncurkan (Katikala, 2014). Amplop balon dibuat oleh Raven Aerostar dari plastik polietilen dengan ketebalan sekitar 3 mil atau 0,076 mm (0,0030 in), lebar 15 m (49 kaki) dan tinggi 12 m (39 kaki) ketika menggelembung penuh. Sebuah kotak kecil dengan berat 10 kg (22 lb) yang berisi peralatan elektronik balon menggantung di bawah amplop yang menggelembung. Kotak ini

berisi papan sirkuit yang mengontrol sistem, antena radio yang akan berkomunikasi dengan balon lain dan dengan antena internet di tanah, dan baterai untuk menyimpan tenaga surya sehingga balon dapat beroperasi di malam hari juga. Setiap perangkat elektronik balon ditenagai oleh *array* panel surya yang berada di antara amplop dan perangkat keras. Di bawah sinar surya penuh, panel ini akan menghasilkan 100 watt, yang cukup untuk menjaga unit bekerja selagi mengisi baterai untuk digunakan pada malam hari. Sebuah parasut melekat di atas amplop yang dapat digunakan pada saat pendaratan. (Kamnani & Suratkar, 2015).

Project Loon menggunakan semua sumber alami dari energi surya dan angin. Pada Maret 2015, rekor penerbangan balon mampu menembus 187 hari. Setiap balon dapat menyediakan konektivitas untuk luas tanah sekitar diameter 40 km pada kecepatan sebanding dengan 3G. Untuk komunikasi balon ke balon dan balon ke tanah, balon menggunakan antena yang dilengkapi dengan teknologi frekuensi radio khusus. Project Loon saat ini menggunakan *band industrial, scientific and medical* (ISM), khususnya *band* 2,4 dan 5,8 GHz (Singh, 2014). *Band* ISM ditujukan untuk pengoperasian peralatan yang dirancang untuk menghasilkan dan menggunakan energi frekuensi radio lokal untuk keperluan industri, ilmiah, medis, domestik atau serupa, termasuk aplikasi di bidang telekomunikasi (International Telecommunications Union, 2012). Rentang frekuensi yang termasuk *band* ISM diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. *Band* ISM

Rentang Frekuensi		Lebar Pita	Frekuensi Tengah
6.765 MHz	6.795 MHz	30 kHz	6.780 MHz
13.55 MHz	13.567 MHz	14 kHz	13.560 MHz
26.95 MHz	27.283 MHz	326 kHz	27.120 MHz
40.66 MHz	40.700 MHz	40 kHz	40.680 MHz
433.050 MHz	434.790 MHz	1.74 MHz	433.920 MHz
902.000 MHz	928.000 MHz	26 MHz	915.000 MHz
2.400 GHz	2.500 GHz	100 MHz	2.450 GHz
5.725 GHz	5.875 GHz	150 MHz	5.800 GHz
24.000 GHz	24.250 GHz	250 MHz	24.125 GHz
61.000 GHz	61.500 GHz	500 MHz	61.250 GHz
122.000 GHz	123.000 GHz	1 GHz	122.500 GHz
244.000 GHz	246.000 GHz	2 GHz	245.000 GHz

Sumber: (International Telecommunications Union, 2012)

(4) Titan Aerospace

Titan Aerospace merupakan perusahaan kedirgantaraan Amerika yang berbasis di Albuquerque. Mereka mengembangkan dan memproduksi *drone* khusus. Perusahaan memproduksi pesawat tak berawak di bawah penunjukan logo AtmoSat, yang disebut "satelit atmosfer" atau *Solar Powered Atmospheric Satellite Drones* dengan perjalanan hingga ketinggian 20 kilometer yang dapat memiliki fungsi khusus satelit, untuk memantau cuaca dan kebakaran atau fotografi luar angkasa serta dilengkapi dengan energi surya sehingga mampu terbang terus hingga lima tahun.

Pada pertengahan April 2014, diumumkan bahwa Titan Aerospace diakuisisi oleh Google. Fungsi perusahaan akan beroperasi di bawah Project Loon.

(5) Facebook (internet.org) – Aquila

Facebook telah mengungkapkan *drone* skala penuh pertama yang direncanakan digunakan untuk menyediakan akses internet di bagian terpencil di dunia melalui proyek "internet.org"-nya (Chapman, 2015). Dengan nama kode "Aquila", *drone* bertenaga surya akan mampu terbang tanpa mendarat

selama tiga bulan, menggunakan laser mengirim data ke *base station* di tanah. Aquila terlihat seperti bumerang raksasa, dengan diameter 140 kaki - lebar sayap yang sama dengan Boeing 737 - dan berbahan bakar sel surya. Aquila akan beroperasi antara 60.000–90.000 kaki (18-27 km), di atas ketinggian pesawat komersial, sehingga tidak akan terpengaruh oleh cuaca, dan mampu terbang selama 90 hari. Program Aquila, yang pertama kali diuji di Inggris pada bulan Maret 2015, diarahkan membawa akses internet ke 10% penduduk yang tidak memiliki akses internet (Internet.org, 2015).

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan pendekatan studi literatur dari berbagai sumber yang terkait HAP. Teknik analisis yang digunakan adalah teknik deskriptif dengan mengolah segala bentuk data literatur yang didapat.

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1. Spektrum Frekuensi

International Telecommunication Union (ITU) membuat ketentuan untuk pengoperasian HAP di World Radiocommunication Conferences (WRC) 97, yaitu dalam 2×300 MHz dari porsi alokasi dinas tetap pada pita 47,2-47,5 GHz dan 47,9-48,2 GHz. Pada WRC-2000, beberapa negara di wilayah 3 dan satu negara di wilayah 1 menyatakan kebutuhan *band* frekuensi yang lebih rendah untuk HAP karena redaman hujan yang berlebihan yang terjadi pada frekuensi 47 GHz. Beberapa negara di wilayah 2 juga telah menyatakan minat dalam penggunaan frekuensi yang lebih rendah. Juga di WRC-2000, *Band* 1.885–1.980 MHz, 2.010–2.025 MHz dan 2.110–2.170 MHz diidentifikasi untuk HAP beroperasi sebagai *base station International Mobile Telecommunications* (IMT). Di WRC-03 dan kemudian lagi di WRC-07 penggunaan HAP dimodifikasi di dinas tetap pada band 27,9-28,2 GHz dan 31-31,3 GHz di negara tertentu wilayah 1 dan 3.

Dalam *Radio Regulations* Edisi 2012 oleh ITU pada tahun 2012 di Jenewa, menyatakan bahwa untuk beberapa negara termasuk Indonesia, alokasi untuk dinas tetap pada *band* 27.9-28.2 GHz dan 31-31.3 GHz dapat digunakan oleh HAP. Agar tidak menyebabkan gangguan yang membahayakan pada dinas radio astronomi yang memiliki pada pita 31,3-31,8 GHz, tingkat daya antena *ground station* HAP dibatasi pada -106 dB (W/MHz) dalam kondisi *clear-sky*, dan mungkin meningkat hingga -100 dB (W/MHz) dalam kondisi hujan.

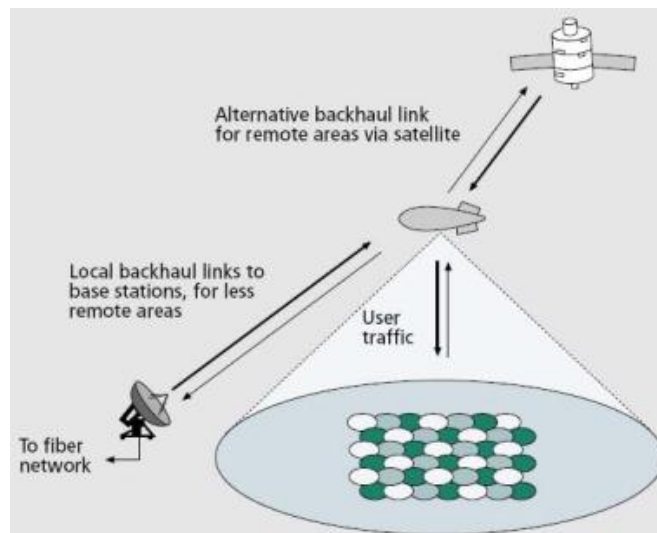
Berdasarkan *Final Acts* WRC-12 tersebut kemudian diturunkan ke dalam Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 25 Tahun 2014 tentang Tabel Alokasi Frekuensi Radio Indonesia, yang mengatur alokasi frekuensi untuk HAP dapat digunakan pada *band* 27,5–28,5 GHz dan 31–31,3 GHz.

4.2. Topologi

HAP memiliki berbagai macam topologi sesuai dengan penyebarannya yang cepat dan jenis layanan yang disediakan. Pada dasarnya ada tiga jenis topologi. Pertama, digunakan diantara sistem satelit dan sistem terestrial, meningkatkan *radio link*, cakupan dan manajemen sumber daya satelit. Kedua, dapat digunakan sebagai segmen stratosfir, dengan jaringan terestrial. Ketiga, dapat lagi digunakan sebagai segmen stratosfer, tapi juga menggunakan satelit untuk area tanpa koneksi ke jaringan terestrial dimana *link* satelit tersedia (Chauhan et al., 2013).

4.2.1. Sistem HAP Berdiri Sendiri

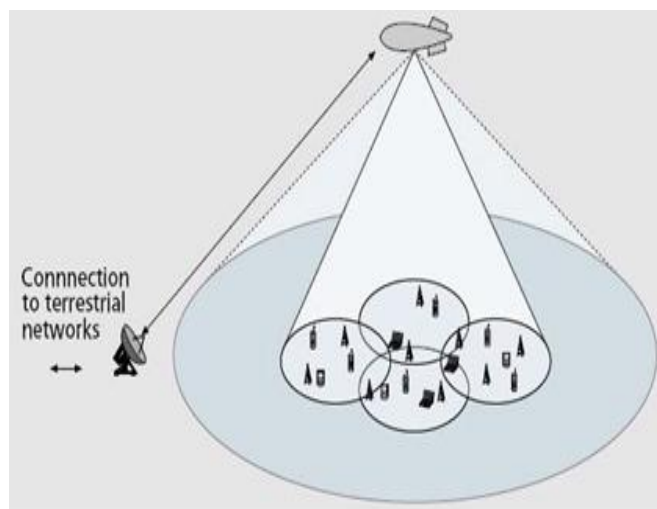
Sistem ini dapat digunakan dalam berbagai aplikasi. Sebagai contoh komunikasi pita lebar, pengawasan lingkungan dan bencana. Di daerah pedesaan atau terpencil, sangat mahal untuk menggunakan sistem terestrial. Sistem satelit mahal untuk diluncurkan jika *traffic* komunikasi sedikit. Sistem ini dapat digunakan secara ekonomis dan efisien. Topologi ini digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sistem HAP Berdiri Sendiri (Chauhan et al., 2013)

4.2.2. Sistem HAP Terintegrasi Terestrial

Sistem ini bekerja tanpa *link* satelit-HAP. HAP memproyeksikan satu sel makro atau lebih, dan melayani sejumlah besar pengguna mobilitas tinggi dengan kecepatan data yang rendah. Sistem terestrial dapat memberikan layanan dengan kecepatan data yang tinggi atau di daerah di mana propagasi *non line-of-sight* (NLOS) kebanyakan berlaku.

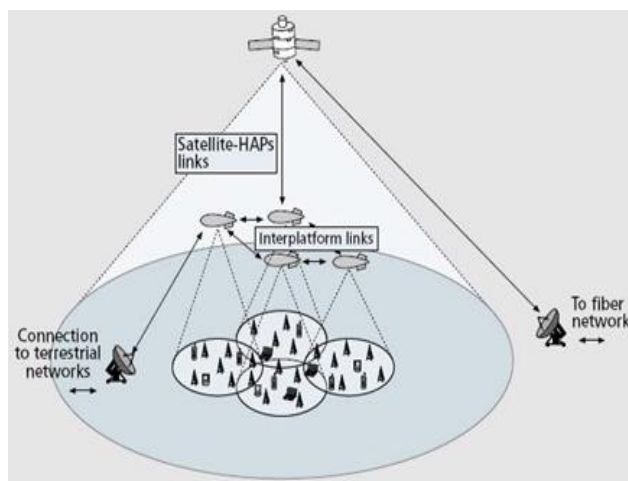


Gambar 3. Sistem HAP Terintegrasi Terestrial (Chauhan et al., 2013)

Gambar 3 menunjukkan bahwa jaringan HAP dapat terhubung ke jaringan terestrial melalui *gateway*. Karena cakupan area yang luas dan biaya penyebaran yang kompetitif, HAP dapat digunakan untuk menyediakan layanan di daerah dengan kepadatan penduduk yang rendah, di mana sangat mahal jika penyebaran jaringan menggunakan serat atau terestrial.

4.2.3. Sistem Terestrial – HAP – Satelit

Topologi ini ditunjukkan pada Gambar 4, yang merupakan sistem campuran, di mana terdiri dari *link* antara HAP, satelit, dan sistem terestrial.



Gambar 4. Sistem Terrestrial – HAP – Satelit (Chauhan et al., 2013)

4.3. HAP vs. Terrestrial vs. Satelit

HAP dianggap memiliki beberapa karakteristik yang unik dibandingkan dengan sistem terestrial dan satelit tergantung pada aplikasi ideal yang melengkapi atau solusi alternatif ketika membangun sistem komunikasi generasi berikutnya yang membutuhkan kapasitas tinggi. Ciri khas dari tiga sistem ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik HAP, Terrestrial dan Satelit
(BS: Base Station, FSPL: Free Space Path Loss)

Subject	HAP	Terrestrial	Satellite
Cell radius	3~7 km	0.1~2 km	50 km for LEO
BS Coverage area radius	Typical 30 km	5 km	A few hundred km for LEO
Elevation angles	High	Low	High
Propagation delay	Low	Low	Noticeable
Propagation Characteristic	Nearly FSPL	Well established, typically Non FSPL	FSPL with rain
BS power supply	Fuel (ideally solar)	Electricity	Solar
BS maintenance	Less complexity in terms of coverage area	Complex if multiple BSs needed to update	Impossible
BS cost	No specific number but supposed to be economical in terms of coverage area	Well established market, cost depending on the companies	5 billion for Iridium, Very expensive
Operational cost	Medium (mainly airship maintenance)	Medium ~ High in terms of the number of BSs	High
Deployment complexity	Low (especially in remote and high density population area)	Medium (more complex to deploy in the city area)	High

Sumber: (Mohammed & Yang, 2009)

4.3.1. Pertumbuhan Kapasitas dan Skalabilitas

HAP dapat dengan cepat disebarkan ke langit dalam hitungan jam. Ini merupakan keuntungan yang jelas bila digunakan dalam skenario bencana atau darurat. Kapasitas pertumbuhan sistem merupakan faktor penting. Jaringan terestrial membutuhkan penyebaran peralatan dalam jumlah besar ke daerah cakupan yang diinginkan. Pembangunan jaringan telepon selular bisa memakan waktu bertahun-tahun.

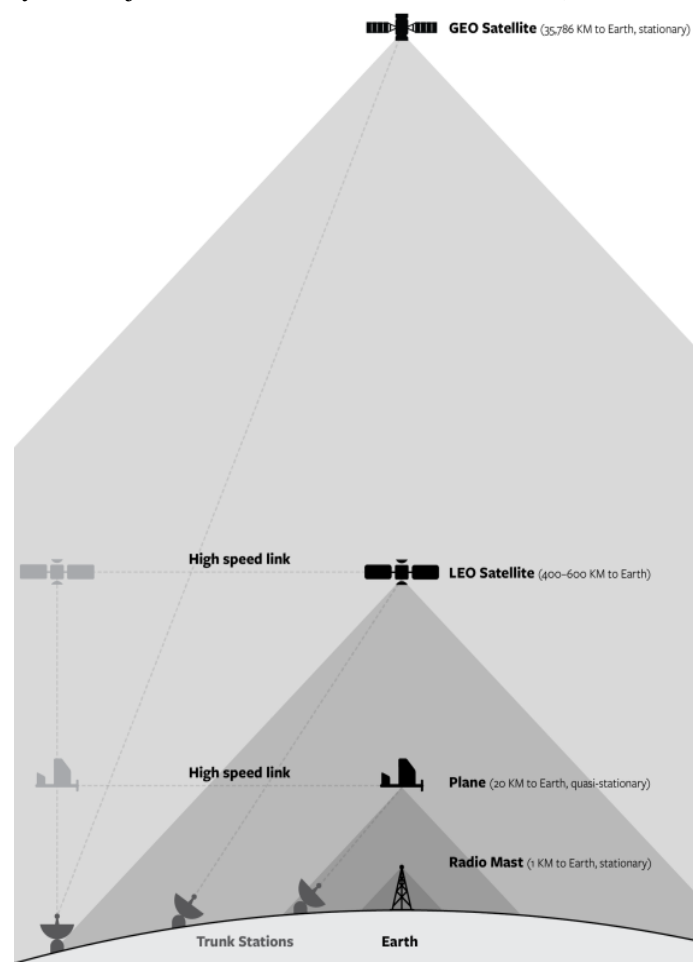
Jaringan berbasis satelit dibatasi oleh kapasitas yang ada karena pertumbuhan kapasitas tambahan dibatasi oleh biaya dan ketersediaan satelit baru dan sistem peluncuran untuk menempatkan di orbit. Secara

teori, penyebaran dan ekspansi kapasitas jaringan HAP yang cepat dapat dicapai. Dengan investasi yang terjangkau di beberapa infrastruktur utama, menyiapkan jaringan berbasis HAP hanya akan memakan waktu dalam hari (Cook, 2013).

4.3.2. Cakupan

Cakupan geografis dari jaringan tergantung pada beberapa faktor yaitu tinggi antenna, daya dan medan. Jaringan terestrial dibatasi jarak yang hanya beberapa kilometer di sekitar masing-masing *base station* karena ketinggian antenna, pelemahan sinyal dan medan (misalnya, zona bayangan yang disebabkan oleh bukit, lembah, dan struktur buatan manusia).

Jaringan satelit dapat menutupi seluruh permukaan bumi, tetapi membutuhkan beberapa satelit untuk melakukannya. Sebuah rasi satelit *Low Earth Orbit* (LEO) terdiri dari 20 sampai 40 satelit pada ketinggian 500-1500 km. Sebuah jaringan *Medium Earth Orbit* (MEO) biasanya terdiri dari 8 sampai 20 satelit pada ketinggian 5.000-12.000 km. Sementara satelit Geostasioner (GEO) tunggal di sekitar 36.000 km dapat menutupi 34% dari permukaan bumi. Perbedaan ketinggian masing-masing *platform* ditunjukkan pada Gambar 5, di mana dengan ketinggian yang lebih tinggi memungkinkan memiliki jangkauan yang luas di wilayah besar, namun sinyal akan jauh lebih lemah untuk konektivitas (Connectivity Lab, 2014).



Gambar 5. Platform di Ketinggian yang Berbeda (Connectivity Lab, 2014)

Manfaat yang jelas dari jaringan berbasis satelit berasal dari ketinggiannya di atas bumi, yaitu daerah cakupan geografisnya yang lebih besar dan relatif aman dari serangan, namun keuntungan tersebut didampangi oleh biaya yang sangat besar dan banyak batasan. HAP berada di antara terestrial dan satelit dalam hal cakupan geografis.

ITU menunjukkan radius lebih besar dari 150 km dapat dilayani dari HAP (International Telecommunications Union, 2000). Hal ini memungkinkan HAP tunggal berpotensi untuk menggantikan

beberapa *Base Transceiver Station* (BTS) terestrial dengan penyebaran yang hemat biaya di daerah pinggiran kota dan pedesaan. Bahkan menurut penelitian Erik Cook (2013), sebuah HAP pada ketinggian 20 sampai 25 km dapat menyediakan area cakupan dengan diameter 300 km. Ini setara dengan negara pulau Haiti yang dicakupi oleh sebuah *airship*. Wilayah cakupan yang jauh lebih besar dapat dicapai dalam arsitektur multi-HAP.

4.3.3. Propagasi

HAP menawarkan propagasi *line-of-sight* (LOS) maupun propagasi NLOS yang lebih baik dikarenakan posisinya yang unik dan memberikan kapasitas yang lebih besar untuk aplikasi pita lebar.

Propagasi merupakan masalah khusus dalam komunikasi HAP karena geometri jarak dan arsitektur. Hal ini merupakan salah satu keuntungan utama dari sistem ini dibandingkan dengan sistem terestrial. Variasi *delay* berkurang dibandingkan dengan sistem terestrial dan redaman juga lebih rendah karena adanya LOS. Faktor lain yang harus dipertimbangkan ketika pemodelan lingkungan propagasi dalam sistem HAP adalah redaman dan hamburan hujan di daerah yang luas. Dibandingkan dengan satelit, *delay* dalam komunikasi HAP jauh lebih kecil dikarenakan posisi HAP yang jauh lebih rendah dari permukaan bumi.

4.3.4. Faktor Biaya

Jaringan HAP sederhana seharusnya lebih murah dari pada meluncurkan serangkaian satelit GEO atau LEO dan juga lebih murah pada cakupan area yang sama dibanding dengan menggunakan BTS terestrial dalam jumlah besar. Dibandingkan dengan sistem terestrial, HAP mengurangi biaya yang berkaitan dengan masalah akuisisi situs, dampak lingkungan, instalasi dan biaya pemeliharaan. Dibandingkan dengan sistem komunikasi satelit, tidak ada kebutuhan kendaraan peluncuran untuk menempatkan platform ke orbit. HAP yang bertenaga surya dapat mengurangi biaya peluncuran dan *positioning*.

Pemeliharaan dan pengembangan HAP tidak merepotkan, karena mudah untuk dinaik-turunkan dan dipindah-tempatkan. Investasi tidak sebesar sistem terestrial dan biaya operasinya pun tidak sebesar sistem satelit. HAP tidak memerlukan tempat, waktu peluncuran yang khusus. Begitu pula dengan biaya untuk memperbaharui mesin dan komponen pendukungnya, masih lebih rendah dibandingkan dengan sistem terestrial maupun satelit karena peng-*upgrade*-annya termasuk mudah dan cepat. Menerapkan HAP tidak memerlukan *platform* roket untuk menerbangkannya, Kapasitas sistemnya hampir sama dengan yang dimiliki sistem terestrial dan lebih besar dari yang dimiliki sistem satelit.

4.4. Aplikasi

HAP juga dapat diterapkan untuk aplikasi telekomunikasi seperti komunikasi tetap, aplikasi *Broadband Wireless Access* (BWA), untuk integrasi dengan sistem bergerak 3G/4G dan juga untuk menyediakan layanan *multicast*/siaran (Alsamhi & Rajput, 2015). Lebih spesifik:

- (1) *Broadband Wireless Access*. BWA berpotensi memberikan kecepatan data yang sangat tinggi dalam hal megabit per detik. Alokasi spektrum untuk HAP di seluruh dunia untuk penyediaan layanan BWA terdiri dari dua band 300 MHz di band 47/48GHz atau 28/31GHz di sebagian besar Asia, yang dapat dibagi antara pengguna dan *backhaul links* dan juga antara *uplink* dan *downlink*.
- (2) Teknologi 3G/4G. HAP dan sistem *Universal Mobile Telecommunications System* (UMTS) akan menggunakan *Round Trip Times* (RTT) yang sama dan menyediakan fungsionalitas yang sama dan memenuhi layanan dan persyaratan operasional yang sama sebagai sistem UMTS berbasis menara terestrial tradisional. Sistem HAP dapat dirancang untuk menggantikan jaringan menara *base station* dengan "jaringan *base station* di langit" atau dapat diintegrasikan ke dalam sistem yang menyediakan menara *base station* terestrial tradisional, satelit dan HAP.

- (3) *Multicasting/Broadcasting*. Untuk mengurangi persentase daerah *blank spot*, diperlukan batas *link* komunikasi yang lebih tinggi dan/atau menara yang lebih tinggi dan/atau jumlah menara yang lebih besar. HAP yang terletak pada posisi yang tinggi berpotensi dapat digunakan sebagai solusi alternatif untuk repeater/transmitter *Digital Video/Audio Broadcasting*.
- (4) Komunikasi Militer. Potensi penggunaan sistem HAP di bidang militer cukup jelas. Karakteristik menguntungkan dari HAP untuk penggelaran cepat pada jaringan nirkabel militer saat ini sebagai *node* atau bertindak sebagai bagian dari jaringan satelit pengganti. Karena tata letak operasi yang dekat dibatasi daya pancar dari terminal *ground* membuat transmisinya sulit untuk disadap. Kedua karakteristik ini sangat penting dan sangat dihargai dalam kegiatan militer. HAP bisa rentan terhadap serangan musuh karena mereka beroperasi pada ketinggian rendah, tak berawak dan dalam posisi cukup stasioner.
- (5) Komunikasi Darurat dan Medis. HAP merupakan pilihan yang sangat baik untuk komunikasi darurat. Kemampuan bertahan HAP selama bencana dan darurat. Penggunaan HAP sebagai penyedia jaringan nirkabel alternatif dapat menggantikan atau menambah kapasitas untuk jaringan nirkabel yang rusak atau kelebihan beban selama bencana alam skala besar dan kecil. Selama fenomena kritis saat ini, infrastruktur telekomunikasi dan cakupan yang diperlukan untuk operasi layanan darurat mungkin tidak dapat tersedia karena daerah yang hancur atau permintaan komunikasi yang berlebihan (Alsamhi & Rajput, 2015). Bencana alam yang dipertimbangkan meliputi gempa bumi di pedesaan dan perkotaan daerah, longsor, banjir, badai dan gelombang pasang, tsunami, tornado, dan badai es. Bencana alam dan tindakan teroris memiliki potensi signifikan untuk mengganggu sistem komunikasi darurat. Selama situasi bencana dan darurat, *platform* udara secara signifikan dapat meningkatkan komunikasi antara tim penyelamat dan kantor pusat, tetapi terbatas dalam sumber daya manusia, sebagai hambatan lingkungan dan keterbatasan anggaran. HAP dirancang untuk situasi darurat tersebut.

4.5. HAP di Indonesia

Di Indonesia penelitian di bidang HAP masih sebatas teori dan desain di atas kertas. Sudah ada beberapa penelitian terkait bidang telekomunikasi HAP yang dilaksanakan oleh akademisi. Sedangkan untuk pengembangan *platform* HAP sendiri belum ada. Hal ini dikarenakan masalah biaya yang sangat besar mengingat *platform* yang dibangun akan berdimensi sangat besar dan kompleks agar mampu terbang di ketinggian stratosfer. Pemahaman dan penelitian HAP harus dilakukan secara sinergis dari berbagai disiplin ilmu. Penelitian terhadap karakter meteorologi-geofisika atmosfer dan karakter propagasi frekuensi merupakan hal-hal yang penting dilakukan di dalam penguasaan dan penerapan HAP di Indonesia.

Pada tahun 2016 Project Loon direncanakan melakukan percobaan di Indonesia, bekerja sama dengan tiga operator seluler utama Indonesia, yaitu Telkomsel, XL Axiata, dan Indosat. Penandatanganan kerja sama tersebut dilakukan di markas Google, di Mountain View, California, Amerika Serikat, pada tanggal 28 Oktober 2015, yang disaksikan juga oleh Menteri Komunikasi dan Informatika (Widiartanto, 2015).

Project Loon yang masih sebatas uji coba teknis dan belum ada kesepakatan secara komersial akan memanfaatkan spektrum 900 MHz milik tiga operator seluler tersebut. Uji coba pertama kali akan dilaksanakan pada awal tahun 2016 di lima titik di atas Sumatera, Kalimantan, dan Papua selama 2 tahun. Hasil yang diharapkan dari uji coba ini adalah akses internet gratis dengan kecepatan hingga 10 Mbps (Kementerian Komunikasi dan Informatika, 2015).

Spektrum 900 MHz yang akan dimanfaatkan oleh Project Loon ini merupakan *band* frekuensi yang digunakan untuk komunikasi *Long-Term Evolution* (LTE) di Indonesia. Sampai saat ini belum ada regulasi di Indonesia yang secara khusus mengatur penggunaan frekuensi untuk sistem HAP. Regulasi di Indonesia masih sebatas referensi rekomendasi dari *Radio Regulations* yang dikeluarkan oleh ITU.

Begitu juga dengan regulasi yang mengatur penerbangan *platform* HAP itu sendiri. Sampai saat ini hanya ada Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 90 Tahun 2015 tentang pengendalian pengoperasian pesawat udara tanpa awak di ruang udara yang dilayani Indonesia, yang mengatur pelarangan pengoperasian pesawat udara tanpa awak di ruang udara *controlled airspace* dan *uncontrolled airspace* pada ketinggian lebih dari 500 kaki (150 m).

5. Simpulan dan Saran

5.1. Simpulan

Ada potensi teknologi HAP dalam komunikasi pita lebar dikarenakan memiliki 2x300 MHz di band 27,9-28,2 GHz dan 31-31,3 GHz, namun secara khusus di Indonesia belum ada peraturan yang mengatur penggunaan frekuensi untuk HAP dan izin penerbangan *platform* HAP di Indonesia.

5.2. Saran

Pemerintah diharapkan mengatur regulasi lebih lanjut terkait izin HAP di sisi teknologi, frekuensi, penerbangan, model bisnis, dan komersialisasi. Untuk bidang penelitian, perlu kajian lebih lanjut terkait potensi penerapan teknologi HAP di Indonesia, interferensi penggunaan frekuensi untuk HAP di Indonesia, dan penentuan alokasi frekuensi yang tepat untuk HAP di Indonesia.

6. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada instansi Puslitbang SDPPI yang telah mendanai penelitian ini sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

Daftar Pustaka

- Airbus Defence and Space. (2015). *Zephyr: Focus of an aircraft. Endurance of a Satellite*.
- Akamai. (2014). *Akamai's State of the Internet* (Vol. 7).
- Alsamhi, S. H., & Rajput, N. S. (2015). An Intelligent HAP for Broadband Wireless Communications : Developments , QoS and Applications. *International Journal of Electronics and Electrical Engineering*, 3(2), 134–143. <http://doi.org/10.12720/ijeee.3.2.134-143>
- Broadband Commission. (2014). *The State of Broadband 2014: broadband for all*. Geneva.
- Chapman, G. (2015). Facebook moves ahead toward Internet drone air fleet. Retrieved November 24, 2015, from <http://phys.org/news/2015-03-facebook-internet-drone-air-fleet.html>
- Chauhan, T. H., Agarwal, S., Purohit, S., & Kumar, A. (2013). Wireless Communications from High Altitude Platforms. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 3(4), 220–223.
- Connectivity Lab. (2014). *Connecting the World from the Sky*.
- Cook, E. C. (2013). *Broad Area Wireless Networking Via High Altitude Platforms*. Naval Postgraduate School.
- International Telecommunications Union. (2000). *Minimum performance characteristics and operational conditions for high altitude platform stations providing IMT-2000 in the bands 1 885-1 980 MHz , 2 010-2 025 MHz and 2 110-2 170 MHz in Regions 1 and 3 and 1 885- 1980 MHz and 2 110-2 160 MHz in Region 2* (Vol. 1456).
- International Telecommunications Union. (2012). *Radio Regulations, Edition of 2012*.
- Internet.org. (2015). Connectivity Lab | Internet.org. Retrieved November 24, 2015, from <https://info.internet.org/en/story/connectivity-lab/>
- Kamnani, K., & Suratkar, C. (2015). A Review Paper on Google Loon Technique. *International Journal of Research In Science & Engineering*, 1(1), 167–171.
- Karapantazis, S., & Pavlidou, F.-N. (2005). Broadband Communications via High-Altitude Platforms: A Survey. *IEEE Communications Surveys*, 7(1).
- Katikala, S. (2014). Google™ Project Loon. *Rivier Academic Journal*, 10(2).
- Keck Institute for Space Studies. (2014). *AIRSHIPS: A New Horizon for Science*.
- Kementerian Komunikasi dan Informatika. (2015). Project Google Loon - Kominfo.go.id. Retrieved November 24, 2015, from <http://cif2015.dev.kominfo.go.id/content/detail/6383/inovasi-hadirkan-layanan-gratis-berkualitas-tinggi/0/infografis>
- Menteri Komunikasi dan Informatika. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika, Pub. L. No. 25 (2014).

Menteri Perhubungan. Peraturan Menteri Perhubungan (2015).

Mohammed, A., & Yang, Z. (2009). Broadband Communications and Applications from High Altitude Platforms. *International Journal of Recent Trends in Engineering*, 1(3), 239–243.

National Aeronautics and Space Administration. (2015). BARREL.

Presiden Republik Indonesia. Peraturan Presiden Republik Indonesia, Pub. L. No. 96 (2014). Indonesia.

Roy, J. S. (2013). Wireless Communication Using High-Altitude Platform. *Electronic For You*, 58–60.

Singh, K. K. (2014). Google Loons. *Journal of Global Research Computer Science & Technology*, 2(2), 30–36.

Widiartanto, Y. H. (2015). Operator Siapkan Frekuensi 900 MHz untuk Balon Google - Kompas.com. Retrieved November 24, 2015, from <http://teknokompas.com/read/2015/10/30/13160087/Operator.Siapkan.Frekuensi.900.MHz.untuk.Balon.Google>