

# Analisis Kelayakan *Project Loon* di Indonesia

SETIYO BUDIYANTO, MUHAMMAD JAMIL, FAJAR RAHAYU

Teknik Elektro Universitas Mercu Buana  
Email: sbudyanto@mercubuana.ac.id

*Received* 17 Maret 2019 | *Revised* 29 Maret 2019 | *Accepted* 9 April 2019

## ABSTRAK

*Indonesia merupakan Negara kepulauan yang terdiri dari ribuan pulau. Kondisi geografis tersebut membuat layanan internet di Indonesia belum sepenuhnya merata. Tercatat, pengguna internet area perkotaan, antara desa dan kota, serta pedesaan berturut sebesar 72,41%, 49,5%, dan 48,3%. Berikut komposisi dari pengguna internet di Indonesia: pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Bali-Nusa Tenggara, dan Maluku-Papua masing-masing sebesar 58,1%, 19%, 8%, 6,7%, 5,6%, dan 2,5%. Guna mengatasi masalah ini, beberapa upaya telah dilakukan untuk menyamakan akses internet di Indonesia, dan salah satu upaya yang ditawarkan adalah Project Loon. Project Loon merupakan teknologi komunikasi berdasarkan High Altitude Platform (HAPs). Penelitian terkait pengujian kelayakan Project Loon dilakukan menggunakan studi literatur. Kemudian digunakan metode Algoritma Fuzzy Topsis untuk mengukur Ekuensi Pathloss, Bandwith Fuzzy, Utilitas Frekuensi, sehingga diperoleh matrik keputusan dan matrik pembobotan yang menunjukkan frekuensi terbaik yang dapat digunakan adalah frekuensi 700 MHz dengan nilai 0.58307. frekuensi ini dipilih secara otomatis berdasarkan kriteria jarak, bandwidth, dan aplikasi-aplikasi yang berjalan pada frekuensi tersebut.*

**Kata Kunci :** Project Loon, HAPs, Algoritma Fuzzy Topsis

## ABSTRACT

*Indonesia is an archipelago consisting of many islands. This geographical condition makes internet services in Indonesia not yet evenly distributed. Noted, internet users in urban areas, between villages and cities, as well as rural areas amounted to 72.41%, 49.5%, and 48.3%. The following is the composition of internet users in Indonesia: Java, Sumatra, Kalimantan, Sulawesi, Bali-Nusa Tenggara, and Maluku-Papua, respectively 58.1%, 19%, 8%, 6.7%, 5.6% and 2.5%. To overcome this problem, several attempts have been made to equalize internet access in Indonesia, and one of the efforts offered is Project Loon. Project Loon is a communication technology based on High Altitude Platform (HAPs). Research related to Project Loon eligibility testing was conducted using literature studies. Then we use the Algoritma Fuzzy Topsis method to measure Pathloss Equity, Fuzzy Bandwidth, Frequency Utility, the required matrix and the weighting matrix used are 700 MHz frequencies with a value of 0.58307. Based on frequency, bandwidth, and applications running on that frequency.*

**Keywords:** Project Loon, HAPs, Algoritma Fuzzy Topsis

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara yang luas terdiri dari ribuan pulau yang tersebar dari Sabang sampai Merauke. Kondisi geografis Indonesia tersebut menjadi suatu kendala dalam pelayanan teknologi informasi khususnya internet bagi masyarakat. Hasil survei Asosiasi Penyelenggara Jaringan Internet Indonesia (APJII) bekerja sama dengan Teknologi Indonesia, menunjukkan pengguna internet di Indonesia masih tidak merata dan hanya terfokus di daerah perkotaan. Data tersebut menunjukkan sebesar 72,41% penduduk perkotaan bisa mengakses internet. Sementara itu, di daerah pedesaan-perkotaan atau daerah antara desa dan kota, hanya 49,5% yang terhubung ke internet. Sementara di pedesaan hanya 48,3% yang terhubung ke internet. Menurut wilayah, komposisi pengguna internet terbesar ada di Jawa, yaitu 58,1%. Setelah itu di Sumatera dengan komposisi 19% dan Kalimantan 8%. Sedangkan daerah lain, yaitu Sulawesi, Bali-Nusa Tenggara, dan Maluku-Papua masing-masing memiliki komposisi 6,7%, 5,6%, dan 2,5% (**APJII, 2018**).

Di sisi lain, lalu lintas data telah meningkat sebesar 131% sejak 2011. Ini telah mendorong beberapa operator seluler di Eropa untuk berinvestasi dalam komunikasi mesin-ke-mesin. Namun, jaringan seluler yang ada tidak dapat mengakomodasi pertumbuhan eksponensial dalam lalu lintas data (**Budiyanto, 2014**). Hal ini adalah latar belakang teknologi yang membongkar lalu lintas seluler. Kondisi saat ini, penyedia selalu berusaha memberikan layanan terbaik kepada pengguna. Ini mempengaruhi kondisi pelanggan dengan memanfaatkan WiFi yang membongkar lalu lintas seluler yang jauh dari infrastruktur yang tersedia. Penyedia harus terus memberikan layanan terbaik kepada pelanggan dengan menyediakan *Wireless Access Gateway* (WAG) agar koneksi pengguna ke *Gateway* dapat dioptimalkan (**Asvial, 2014**).

Sebuah raksasa teknologi Google, menawarkan sebuah solusi untuk pemerataan jangkauan internet ke seluruh dunia. Melalui inkubasi Google X, Google mencoba melakukan terobosan dengan menghadirkan *Project Loon*. Dalam rilis resmi Google, *Project Loon* ini mampu memberikan layanan internet dan menjangkau pelosok-pelosok dan daerah terpencil sekalipun (**Google, 2019**). *Project Loon* sendiri merupakan teknologi yang mengadopsi sistem komunikasi HAPs yang menggunakan balon sebagai wahananya untuk diterbangkan pada ketinggian stratosfer yaitu sekitar 20 kilometer atau setara dengan 6000 kaki.

Di ketinggian stratosfer tersebut balon google akan membentuk jaringan luas yang saling terintegrasi antar setiap balon dengan balon lainnya. Balon tersebut dilengkapi dengan teknologi canggih seperti *Artificial Intelligence* yang mampu membaca dan beradaptasi dengan arah angin sehingga mampu mengatur posisinya sendiri pada arah yang lebih baik. Tidak hanya itu, balon Google juga dilengkapi dengan perangkat-perangkat elektronik seperti panel surya yang berfungsi sebagai pengisi daya yang menjamin perangkat-perangkat elektronik tetap dapat bekerja selama berbulan-bulan (**Propper, 2015**).

Beberapa perusahaan di dunia ini telah melakukan pengembangan mengenai teknologi HAPs. Namun hal yang berbeda dengan *project loon* ini adalah penggunaan balon raksasa dengan ukuran panjang 15 meter dan lebar 12 meter sebagai komponen yang membuat benda itu bisa terbang. Balon tersebut diistilahkan sebagai sampul yang diisi dengan gas helium yang dilengkapi sistem otomatis untuk memompa atau mengeluarkan udara mengikuti keadaan suhu disekitar (**Katikala, 2014**). Sampul balon ini dirancang khusus dari bahan plastik polietilen yang diklaim oleh Google sendiri bisa bertahan dari sinar UV sampai 100 hari di ketinggian udara. Sampul balon ini pula yang akan menjadi beban biaya rutin jika dioperasikan (**Google, 2019**). Balon tersebut membawa perangkat-perangkat elektronik dan komunikasi untuk memancarkan internet pada pengguna di daratan.

Balon Google akan membentuk topologi mesh dengan rangkaian spesifikasi kendali IEEE802.11s. Ada dua jenis komunikasi: 1) Komunikasi balon ke balon, 2) komunikasi balon ke darat (**Burr, 2017**).

Di Indonesia, penelitian mengenai *Project Loon* telah dilakukan beberapa akademisi salah satunya penelitian yang dilaksanakan oleh Puslitbang SDPPPI, Badan Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Manusia–Kementerian Komunikasi dan Informatika. Dalam kajian tersebut menjelaskan bahwa faktor keamanan merupakan hal yang paling penting untuk diperhatikan pada penerapan *Project Loon* ini, utamanya keamanan informasi dan ruang udara. Jika kedua hal ini tidak terpenuhi maka penerapan *Project Loon* tidak memungkinkan untuk dilaksanakan. Terdapat opsi lain untuk penerapan *Project Loon* ini namun ada beberapa syarat yang harus dipenuhi yaitu peluncuran dan sistem kendali balon harus dilakukan di wilayah Indonesia. Namun demikian tetap diperlukan perubahan regulasi ataupun regulasi baru yang secara terperinci menjelaskan standar dan operasional untuk menjamin tata kelola frekuensi, keamanan, dan ruang udara nasional. (**Yuniarti, 2016**). Penelitian ini dilakukan untuk memeriksa kelayakan penerapan *Google Balloon* di Indonesia dengan studi literatur dengan menggunakan metode Algoritma Fuzzy Topsis. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat mengukur potensi frekuensi penerapan balon Google jika diterapkan sebagai sistem komunikasi alternatif di Indonesia.

### 1.1. Spesifikasi *Google Balloon*

Dalam penelitian ini, kita akan melihat spesifikasi material apa saja yang digunakan Balon Google yang dapat kita lihat pada Tabel 1 berikut:

**Tabel 1. Material untuk Setiap Balon (Burr, 2017)**

Komponen	Spesifikasi	Material	Total (Kg)
Sampul	Balon 12mx15m dengan ketebalan 100µm	Plastik polyethylene	1170 m <sup>2</sup>
		Densitas 0,95 g / cm <sup>3</sup>	111,5 Kg
Elektronik (antena dan Peralatan transmisi lainnya)	Diperkirakan sebagai 4 komputer desktop	Aluminium	4,368 Kg
		Plastik	7,176 Kg
		Besi	6,552 Kg
		Tembaga	2,184 Kg
		Kaca	7,800 Kg
		Nikel	0,312 Kg
		Timah	0,312 Kg
		Arang	1,872 Kg
Panel Surya	Estimated 2	Silikon	14 Kg
	Panel @20kg	Aluminium	16 Kg
		Tembaga	2 Kg
		Plastik	8 Kg
Baterai	12V Ion Lithium 200AH		33 Kg
Tabung Gas	Berdasarkan pada Praxair 128bar	Silinder	30 Kg
	Tekanan Silinder	Hidrogen (1.8m <sup>3</sup> at 13.8MPa)	18,65 Kg
Parasut	Berdasarkan Mills G-12E cargo Parasut	Nylon (Victoria University, n.d.)	57 Kg
<b>Total</b>			<b>320,73 Kg</b>

Dengan mengetahui spesifikasi *Google Balloon* ini sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 1, kita bisa mendapatkan gambaran tentang kapasitas balon, perangkat yang digunakan, beban massal.

### 1.2. Perbandingan *Google Balloon* di Beberapa Negara

Beberapa negara yang telah melakukan uji coba *Project Loon*, dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. *Google Balloon* di Berbagai Negara**

No	Negara	Jumlah Balon	Luas Cakupan	Frekuensi	Status	Tahun
1	Selandia Baru	30	20 kilometer	ISM Band (2.4 GHz and 5.8 GHz)	Uji Coba	2013
2	Brazil	5	30 kilometer	Menggunakan spektrum yang dilisensikan LTE	Uji Coba	2014
3	Australia	20	-	2.6 GHz	Uji Coba	
4	Sri Lanka	3	-	700 MHz	Uji Coba	
5	India	-	-	2500 MHz	Uji Coba	
6	Peru	-	40 kilometer	Menggunakan spektrum yang dilisensikan LTE	Penanganan Bencana	2017
7	Puerto Rico			Menggunakan spektrum yang dilisensikan LTE	Penanganan Bencana	2017

Tabel 2 menunjukkan perbandingan penerapan *Google Balloon* di beberapa negara. rata-rata masih dalam tahap uji coba dan tidak ada negara yang menerapkan *Google Balloon* secara komersial.

## 2. METODOLOGI

Dalam melakukan penelitian ini, beberapa langkah kerja sistematis dan terstruktur diterapkan untuk mendapatkan hasil yang diharapkan. Langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini terlihat dalam bagan alur penelitian seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

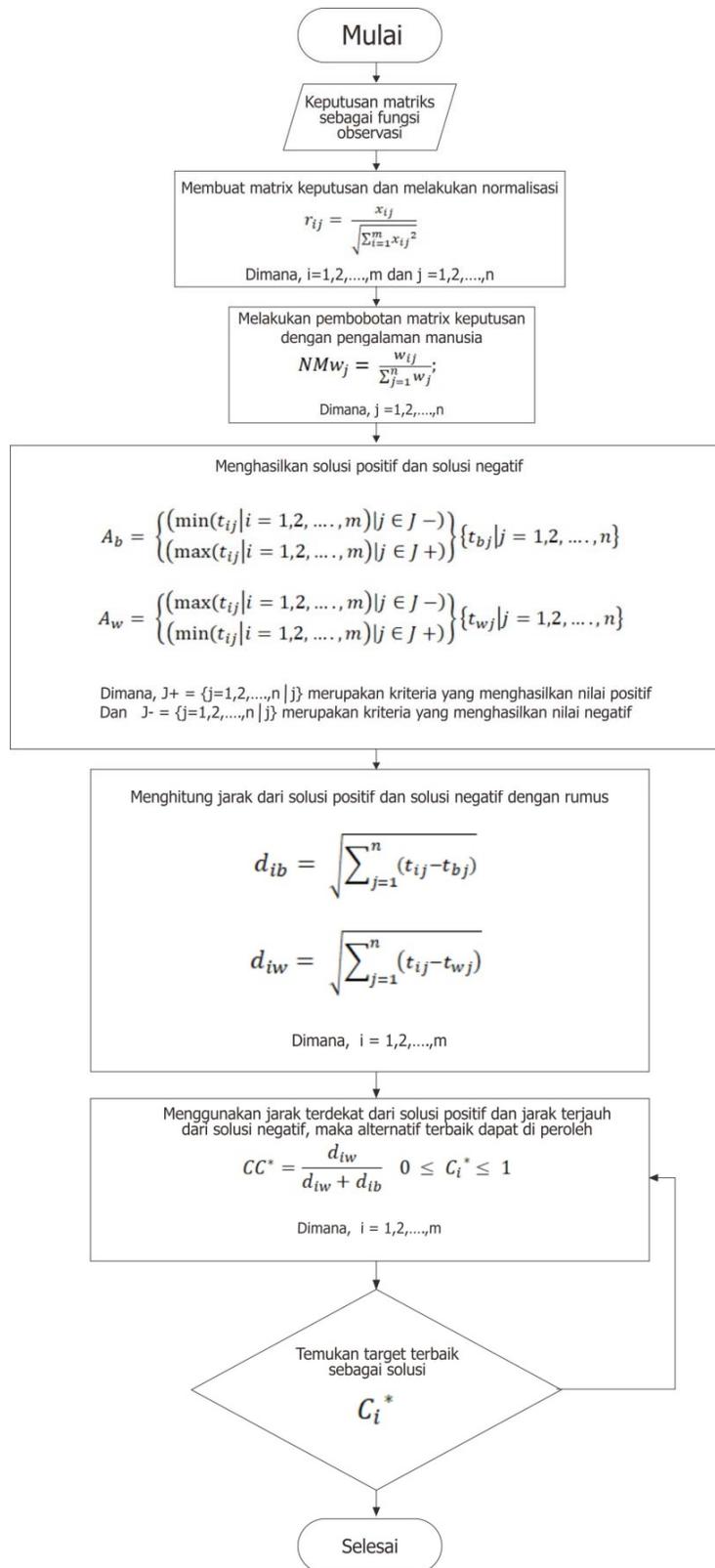


**Gambar 1. Bagan Alir Penelitian**

Langkah penelitian ini dimulai dengan studi pendahuluan untuk melihat potensi HAPs di Indonesia. Selanjutnya langkah kedua adalah studi literatur untuk melihat regulasi yang ada di Indonesia dan membandingkannya dengan negara lain. Dari studi literatur ini, kita bisa melihat sejauh mana perkembangan *Google Balloon* di dunia. Langkah ketiga adalah mengumpulkan data dari berbagai sumber. Dan selanjutnya langkah keempat adalah analisis data menggunakan Algoritma Fuzzy Topsis untuk mengukur frekuensi ideal yang digunakan *Project Loon*. Sehingga pada akhir penelitian ditemukan kesimpulan dan rekomendasi.

Ada beberapa langkah yang dilakukan dalam Algoritma Fuzzy Topsis yaitu: membuat matriks keputusan sebagai fungsi pengamatan, melakukan normalisasi matrik keputusan. Kemudian dilakukan matrik pembobotan. Selanjutnya menentukan alternatif terburuk dan alternatif terbaik. Dan yang terakhir menghitung koefisien kedekatan. Adapun langkah-langkah analisis Fuzzy Topsis ini ditunjukkan pada Gambar 2.

## Analisis Kelayakan *Project Loon* di Indonesia



**Gambar 2. Diagram Alir Algoritma Fuzzy Topsis**

Gambar 2 menunjukkan *flowchart* Algoritma Fuzzy Topsis untuk menentukan frekuensi terbaik yang dapat digunakan pada *project loon* ini. Fuzzy Topsis adalah alat untuk menyelesaikan masalah umum yang meniru pemahaman manusia untuk menentukan mana yang harus dipilih jika ada banyak alternatif dengan banyak kriteria (**Hakim, 2018**).

Langkah-langkah dalam Algoritma Fuzzy Topsis yaitu sebagai berikut:

1. Langkah 1: Matriks keputusan sebagai fungsi pengamatan  
Langkah ini menentukan matrik keputusan berdasarkan nilai-nilai linguistik. Matrik keputusan dilihat dari Konversi Frekuensi *Pathloss*, *Bandwith* Fuzzy, dan Utilitas Frekuensi.
2. Langkah 2: Normalisasi matrik keputusan  
Langkah ini berdasarkan nilai-nilai linguistik.
3. Langkah 3: Matrik Pembobotan berdasarkan pengalaman pengguna  
Langkah ini menggunakan teori *Shannon Entropy* untuk menentukan nilai dari normalisasi matrik keputusan dan pembobotan
4. Langkah 4: Menentukan alternatif terburuk dan alternatif terbaik  
Langkah ini akan menentukan masing-masing nilai jarak antara alternatif sasaran dengan kriteria yang memiliki dampak yang paling positif.
5. Langkah 5: Menghitung koefisien kedekatan  
Langkah ini koefisien kedekatan dihitung setelah ditentukan alternatif terburuk dan alternatif terbaik sehingga nantinya diperoleh hasil frekuensi terbaik.

### 3. ANALISIS ALGORITMA FUZZY TOPSIS

Beberapa langkah dalam analisis Fuzzy Topsis yaitu simulasi, kemudian menentukan matrik keputusan, setelah itu menentukan matrik pembobotan.

#### 3.1 Simulasi Menggunakan Algoritma Fuzzy Topsis

Menggunakan Algoritma Fuzzy Topsis kita dapat mensimulasikan dan menghitung nilai untuk setiap masing-masing pemasok untuk setiap kriteria-kriteria yang diberikan oleh pengguna. Untuk dapat membuat matrik keputusan maka perlu dibuat nilai-nilai berdasarkan linguistik fuzzy. Pada penelitian ini terdapat 3 buah kriteria seperti Luas cakupan, *Bandwidth* dan Utilitas Frekuensi

Untuk luas cakupan kita dapat menghitung dengan menggunakan rumus *free space path loss model* yaitu :

$$20 \log (d) + 20 \log (f) - 147.55 \quad (1)$$

**Tabel 3. Konversi Frekuensi *Pathloss***

Frekuensi (MHz)	Score Luas Cakupan	Loss (-dbm)
700	4.59	-56
900	4.36	-59
2400	3.84	-67
5800	3.43	-75

Tabel 3 menunjukkan konversi frekuensi menjadi *pathloss* sehingga hanya  $20 \log f$  saja. sehingga dapat kita buat tabel untuk fuzzy linguistiknya.

**Tabel 4. *Bandwith* Fuzzy**

Frekuensi (MHz)	<i>Bandwidth</i> Fuzzy Linguistik	Nilai
700	Kecil	1
900	Cukup Kecil	2
2400	menengah	3
5800	Besar	4

Tabel 4 menunjukkan *bandwidth* Tabel untuk fuzzy linguistik yang dibuat berdasarkan semakin besar frekuensinya, maka *bandwidth* juga akan semakin besar, maka dapat di buat berdasarkan pengalaman pengguna.

**Tabel 5. Utilitas Frekuensi**

Frekuensi (MHz)	Utility Frekuensi Fuzzy Linguistik	Nilai
700	Penuh Frekuensi TV	4
900	Hanya Frekuensi GSM, LoRa	3
2400	ISM Band, Wifi, Bluethooth, Penuh	1
5800	ISM Band, Wifi, Bluethooth, Penuh	1

Tabel 5 menunjukkan utilitas frekuensi tabel untuk fuzzy linguistiknya dibuat berdasarkan interferensi dengan aplikasi yang sudah ada sebelumnya. apabila penggunaan frekuensinya terbatas untuk 1 buat aplikasi saja maka nilai linguistiknya paling besar, dan semakin banyak aplikasi pada frekuensi tersebut maka nilainya semakin kecil.

### 3.2. Matrik keputusan

Dengan menggunakan Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5, maka matriks keputusan berdasarkan nilai-nilai linguistiknya dapat ditunjukkan pada Tabel 6 berikut :

**Tabel 6. Matriks Keputusan Berdasarkan Nilai-nilai Linguistik**

Frekuensi (MHz)	Luas Cakupan	<i>Bandwidth</i>	Utilitas Frekuensi
700	4.59	1	4
900	4.36	2	3
2400	3.84	3	1
5800	3.43	4	1

Tabel 6 menunjukkan matriks keputusan berdasarkan nilai-nilai linguistik. Sehingga dapat dilihat normalisasi dari matrik keputusannya.

**Tabel 7. Normalisasi Dari Matrik Keputusan**

Frekuensi (MHz)	Luas Cakupan	Bandwidth	Utilitas Frekuensi
700	0.74388	0.16209	0.64836
900	0.77034	0.35370	0.53054
2400	0.77160	0.60347	0.20116
5800	0.63917	0.74611	0.18653

Tabel 7 menunjukkan normalisasi matrik keputusan berdasarkan nilai-nilai linguistik. Kemudian akan ditentukan matrik pembobotannya.

### 3.3. Matrik Pembobotan

Pembobotan adalah penekanan untuk kriteria yang memiliki efek terbesar untuk pengguna. Bobot ini dapat diturunkan dari konsep teorema *Shannon Entropy* (Dammak, 2015) atau bobot dapat didasarkan pada permintaan pengguna (Hwang, 1993). Untuk bobot menggunakan konsep teorema *Shannon Entropy* adalah:

$$NMw_j = \frac{w_{ij}}{\sum_{j=1}^n w_j} \quad (2)$$

**Tabel 8. Matrik Pembobotan Berdasarkan Shannon Entropy**

Item	Luas Cakupan	Bandwidth	Utilitas Frekuensi
Linguistic Weight Interval	0.5	0.17	0.33

Tabel 8 menunjukkan pembobotan berdasarkan *Shannon Entropy*. Terdapat *Linguistic Weight Interval* dengan luas cakupan 0.5 *bandwidth* 0.17 dan utilitas frekuensi 0.33.

**Tabel 9. Matrik Keputusan Dengan Normalisasi dan Pembobotan**

Konsultan	Luas Cakupan	Bandwidth	Utilitas Frekuensi
700	0.37194	0.02702	0.21612
900	0.38517	0.05895	0.17685
2400	0.38580	0.10058	0.06705
5800	0.31958	0.12435	0.06218

Pada Tabel 9 menunjukkan matrik keputusan yang sudah di normalisasi dan di berikan pembobotan.

Dengan demikian untuk solusi ideal positifnya menggunakan bobot dari matrik keputusan yang telah di normalisasi dan menggunakan operator *Min-max*, maka solusi ideal positif ditunjukkan di bawah ini:

$$y_{1+} = \min \{ 0.37194; 0.38517; 0.38580; 0.31958 \} = 0.31958$$

$$y_{2+} = \max \{ 0.02702; 0.05895; 0.10058; 0.12435 \} = 0.12435$$

$$y_{3+} = \max \{ 0.21612; 0.17685; 0.06705; 0.06218 \} = 0.21612$$

sehingga untuk solusi ideal positif menjadi,  
 $A^+ = \{ 0.31958; \quad 0.12435; 0.21612 \}$

Sementara itu, untuk solusi ideal negatifnya menggunakan bobot dari matrik keputusan yang telah di normalisasi maka solusi ideal negatif ditunjukkan di bawah ini:

$$y_{1+} = \text{Max} \{ 0.37194; 0.38517; 0.38580; 0.31958 \} = 0.38580$$

$$y_{2+} = \text{min} \{ 0.02702; 0.05895; 0.10058; 0.12435 \} = 0.02702$$

$$y_{3+} = \text{min} \{ 0.21612; 0.17685; 0.06705; 0.06218 \} = 0.06218$$

sehingga untuk solusi ideal Negatif menjadi,  
 $A^- = \{ 0.38580; \quad 0.02702; 0.06218 \}$

Kemudian jarak untuk solusi ideal positifnya menggunakan alternatif terbaik dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 10. Jarak Solusi Ideal Positif dengan Alternatif Terbaik**

Frekuensi (MHz)	Nilai
700	0.11052
900	0.10060
2400	0.16484
5800	0.15394

Tabel 10 menunjukkan masing-masing nilai jarak antara alternatif sasaran dengan kriteria memiliki dampak yang paling positif (terbaik).

Sementara itu, jarak untuk solusi ideal positif menggunakan alternatif terburuk ditunjukkan pada tabel berikut:

**Tabel 11. Jarak Solusi Ideal Positif dengan Alternatif Terburuk**

Frekuensi (MHz)	Nilai
700	0.15457
900	0.11904
2400	0.07372
5800	0.11772

Tabel 11 menunjukkan jarak antara alternatif sasaran dengan kriteria memiliki dampak yang paling negatif (terburuk).

Sehingga dapat dilihat koefisien kedekatan menggunakan jarak alternatif terburuk dan jarak alternatif terbaik pada tabel berikut:

**Tabel 12. Koefisien Kedekatan**

Frekuensi (MHz)	Nilai
700	0.58307
900	0.54196
2400	0.30904
5800	0.43334

Tabel 12 menunjukkan koefisien kedekatan, dihitung agar dapat menampilkan kinerja pemasok yang terbaik dengan masing-masing nilai frekuensi 700 MHz = 0.58307, frekuensi 900 MHz = 0.54196, frekuensi 2400 MHz = 0.30904, dan frekuensi 5800 MHz = 0.43334.

## KESIMPULAN

Pada penelitian, ini Algoritma Fuzzy Topsis dapat digunakan menganalisa frekuensi yang terbaik yang dapat digunakan pada *Project Loon*. Hasil penghitungan menunjukkan matrik keputusan dengan normalisasi dan pembobotan yaitu frekuensi 700 MHz memiliki nilai cakupan sebesar 0.37194, *bandwith* 0.02702, utilitas frekuensi sebesar 0.21612. Jarak solusi ideal positif dengan alternatif terbaik pada frekuensi 700 MHz yaitu sebesar 0.11052, sedangkan untuk jarak solusi ideal positif dengan alternatif terburuk frekuensi 700 MHz menunjukkan nilai 0.15457. Sementara itu untuk frekuensi 900 MHz memiliki nilai cakupan sebesar 0.38517, *bandwith* sebesar 0.05895, dan utilitas frekuensi sebesar 0.17685. Adapun jarak solusi ideal positif dan alternatif terburuk frekuensi 900 MHz adalah 0.10060. Sementara itu untuk frekuensi 2400 MHz memiliki nilai cakupan sebesar 0.38580, *bandwith* 0.10058, dan utilitas frekuensi sebesar 0.06705. Adapun jarak solusi ideal positif dengan alternatif terburuknya sebesar 0.16484. Sedangkan untuk frekuensi 5800 MHz memiliki nilai cakupan sebesar 0.31958, *bandwith* 0.12435, dan utilitas frekuensi sebesar 0.06218. Jarak solusi ideal positif dan alternatif terburuknya sebesar 0.15394. Sehingga dapat disimpulkan bahwa frekuensi terbaik yang dapat digunakan oleh *Project Loon* ini adalah frekuensi 700 MHz dengan nilai koefisien kedekatan sebesar 0.58307. Frekuensi ini dipilih secara otomatis berdasarkan kriteria jarak, *bandwidth*, dan aplikasi-aplikasi yang berjalan pada frekuensi tersebut.

## DAFTAR RUJUKAN

- APJII. (2018). Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia. Buletin APJI edisi 22.
- Asvial, M, S. Budiyanto, & D. Gunawan. (2014). An intelligent load balancing and offloading in 3G - WiFi offload network using hybrid and distance vector algorithm, *IEEE Symp. Wirel. Technol. Appl. ISWTA*, (pp. 36–40).
- Budiyanto, S, M. Asvial, & D. Gunawan. (2014). Performance Analysis of Genetic Zone Routing Protocol Combined With Vertical Handover Algorithm for 3G-WiFi Offload, *J. ICT Res. Appl.*, 8(1), 49–63.
- Burr, J. (2017). The Feasibility of Google's Project Loon. Australia National University, 1–19.
- Dammak, F, L. Baccour, & A. M. Alimi. (2015). The impact of criterion weights techniques in TOPSIS method of multi-criteria decision making in crisp and intuitionistic fuzzy domains. *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, (pp. 1–8).
- Google. (2019). How Loon Works – Project Loon – Google. Retrieved from [www.google.com/loon/how/#tab=envelope](http://www.google.com/loon/how/#tab=envelope)
- Hakim, G. P. N, A. Firdausi, M. Alaydrus, & S. Budiyanto. (2018). Dynamic Traffic Light Timing Control System using Fuzzy TOPSIS Algorithm. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 453(1), 1–8.

- Hwang, C. L, Lai, Y. J, & Liu, T. Y. (1993). A new approach for multiple objective decision making. *Computers and Operations Research*, 20(8), 889–899.
- Katikala, S. (2014). Google Project Loon. *Rivier Academic Journal*, 10(2), 3–8.
- Propper, B. (2015). Inside Project Loon: Google's internet in the sky is almost open for business | The Verge. Retrieved from [www.theverge.com](http://www.theverge.com).
- Yuniarti, D, H. Hamjen, K. Ariansyah, A. Febian, S. Ariyanti, Kautsarina, ... R. A. Wahab. (2016). Kelayakan Implementasi High Altitude Platforms (HAPs). Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kementerian Komunikasi dan Informatika.