

Perencanaan Jaringan Komunikasi Antara Manado dan Sofifi menggunakan Radio *Microwave*

Dwi Meitasari, Rianto Nugroho

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional Jakarta.

Korespondensi : riantnugroho@yahoo.com

ABSTRAK. Pembangunan jaringan telekomunikasi antara Sulawesi Utara (Manado) dan Maluku Utara (Sofifi) menggunakan radio *microwave* dengan teknologi SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) yang dapat memenuhi kapasitas yang besar dan kehandalan yang cukup tinggi. Pemilihan komunikasi dengan radio *microwave* pada link ini disebabkan banyaknya kendala pada proses implementasinya, dimana *link* ini melewati lautan. Oleh sebab itu tidak memungkinkan membangun komunikasi kabel bawah laut (*Sub Marine*) dalam waktu relatif singkat maka sistem komunikasi radio *microwave* memberikan suatu solusi. Hasil perencanaan dapat digunakan referensi penentuan penggunaan perangkat yang sesuai dengan spesifikasi dalam pembangunan komunikasi radio *microwave* dengan rute Sulawesi Utara (Manado) – Maluku Utara (Sofifi) agar mendapatkan hasil yang sesuai dengan standarisasi internasional. Dalam hal standar yang digunakan mengacu pada ITU-R.

Kata Kunci: Radio *Microwave*, *link budget*, SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*)

ABSTRACT. *Telecommunication network development between North Sulawesi (Manado) and North Maluku (Sofifi) using radio microwave with SDH (Synchronous Digital Hierarchy) Technology can be solution for the big capacity and high performance. Choosing communication using radio microwave for link because a lot of constraint at process implementation, which one this link pass the ocean. Because of that, it's impossible to build cable on the ocean in the short time. So, one of the best solution is using radio microwave system. The planning result can be used as reference for equipment match with specification, on the built communication Radio microwave with route North Sulawesi – North Maluku (Sofifi) to get result according to international standaritation that is ITU-R.*

Keywords: *Radio Microwave, link budget, SDH (Synchronous Digital Hierarchy).*

PENDAHULUAN

Indonesia terdiri dari 34 Provinsi yang terdiri dari beribu-ribu pulau dengan luas kurang lebih mencapai 1,904,569 km². Hampir 2/3 nya adalah perairan yang menghubungkan antara pulau yang satu dengan yang lain. Seperti halnya dengan Pulau Sulawesi dan Pulau Halmahera di Provinsi Maluku Utara yang dipisahkan oleh Laut Maluku. Hal ini tentunya menjadi salah satu hal yang menghambat lancarnya komunikasi diantara penduduk di kedua pulau tersebut, yang mana pada saat ini komunikasi antar pulau masih didominasi dengan komunikasi satelit (vsat). Dengan keterbatasan transponder/kanal pada satelit dan biaya sewa yang relatif mahal, maka perlu adanya alternatif lain yang lebih handal dan ekonomis. Alasan penggunaan radio *microwave* untuk menghubungkan kedua daerah tersebut adalah karena besarnya investasi yang dikeluarkan bila menggunakan serat optik maupun kabel tembaga terlebih lagi mahalnya investasi untuk membangun jaringan bawah laut (*Sub Marine*) yang memakan waktu lama sehingga dari sisi ekonomis kurang efisien. Sedangkan teknologi *Synchronous Digital Hierarchy* (SDH) merupakan salah satu solusi yang tepat untuk jaringan transmisi yang menghubungkan MSC Manado dengan MSC Sofifi, karena fleksibilitas dan kemudahan dalam add/drop multiplexing, memiliki kemudahan dalam *upgrade* kapasitas dan memiliki *operation* dan *maintenance* yang baik.

DASAR TEORI

Sistem Komunikasi Radio *Microwave*

Microwave adalah gelombang elektromagnetik yang bersifat tranfersal dengan frekuensi super tinggi (SHF, *Super High Frequency*) diatas 3 GHz dengan panjang gelombang berkisar antara

0.3 – 300 cm. Sistem transmisi *microwave* terdiri dari dua macam, yaitu sistem transmisi gelombang mikro analog dan sistem transmisi gelombang mikro digital.

Perkembangan transmisi dengan menggunakan *microwave* sangat besar, dimana komunikasi dengan *microwave* dapat membawa kapasitas *channel* sehingga dipakai sebagai alternatif dalam pemasangan radio link. Sistem komunikasi dengan *Microwave* beroperasi dengan modulasi QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*). Unjuk kerja dari komunikasi digital ini diukur dalam BER (*Bite Error Rate*). Level daya ambang batas untuk peralatan *transceiver* sering didefinisikan dimana BER (*Bite Error Rate*) mencapai 10^{-6} walaupun nilai BER yang lain dapat diterima. Nilai tersebut menjadi parameter peralatan *receiver*.

Synchronous Digital Hierarchy (SDH)

Definisi SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) dalam rekomendasi ITU-R G.708 adalah “Suatu teknologi yang mempunyai struktur transport secara hirarki dan di desain untuk mengangkut informasi (*payload*) yang disesuaikan dengan tepat dalam sebuah jaringan transmisi”. Transmisi SDH merupakan salah satu jaringan transport digital yang menstranmisikan sinyal informasi dari suatu tempat ke tempat lain dengan fleksibilitas yang cukup tinggi dan dapat menyalurkan sinyal SDH.

TABEL 1. Hierarki SDH.

Level Hierarki	Bit Rates	STM-n
1	155,52 Mbps	STM-1
4	622,08 Mbps	STM-4
16	2,5 Gbps	STM-16
64	10 Gbps	STM-64

Arsitektur Umum Jaringan SDH

Secara garis besar arsitektur umum elemen SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) dapat dibagi menjadi empat bagian umum (1) **Synchronous Interface (SI)** merupakan suatu unit yang digunakan untuk memproses sinyal informasi agar dapat disalurkan pada media transmisi, baik elektrik maupun serat optik, (2) **Tributary Interface (TI)** merupakan sebuah unit yang memiliki fungsi sebagai interface antara sinyal *tributary plesiochronous* atau *synchronous* dengan elemen jaringan, (3) **Switching and Data Processing** yang pada umumnya switching dan data proses terdiri dari beberapa sub bagian yaitu *Pointer Processing*, *Bus Bridge*, *Connection Matrix* serta (4) **Management and Communication** yaitu memberikan performasi terhadap pusat pengontrolan jaringan dan pekerjaan supervisi, inventori dalam suatu elemen jaringan transmisi.

Frequency Assignment SDH Microwave

Sesuai dengan standar ITU-R, bahwa untuk transmisi long-haul frekuensi yang digunakan adalah 5 GHz, U6 GHz, 8 GHz, dan 11 GHz. Karena dalam perencanaan kali ini menggunakan erikut adalah tabel Frequency Assignment SDH Microwave 5 GHz.

TABEL 2. Polarisasi *Frequency Assignment* SDH Microwave 5 GHz.

5 GHz				
No.	CH	Freq.	Remarks	Polarisasi
1	1	4430	Lower	Vertikal
2	2	4470	Lower	Horizontal
3	3	4510	Lower	Vertikal
4	4	4550	Lower	Horizontal
5	5	4590	Lower	Vertikal
6	6	4630	Lower	Horizontal
7	7	4670	Lower	Vertikal
8	1	4730	Upper	Vertikal

9	2	4770	Upper	Horizontal
10	3	4810	Upper	Vertikal
11	4	4850	Upper	Horizontal
12	5	4890	Upper	Vertikal
13	6	4930	Upper	Horizontal
14	7	4970	Upper	Vertikal

Koordinat Lokasi

Koordinat lokasi dibutuhkan untuk menentukan beberapa parameter jarak antara dua titik, posisi, azimut dan kontur permukaan bumi yang akan dilalui oleh lintasan gelombang radio. Dengan bantuan peta berskala yang dilengkapi dengan garis-garis koordinat dan garis kontur permukaan bumi. Koordinat lokasi diperoleh dengan menentukan titik pada kontur bumi berupa posisi titik tersebut pada garis Lintang dan garis Bujur.

Path Profile

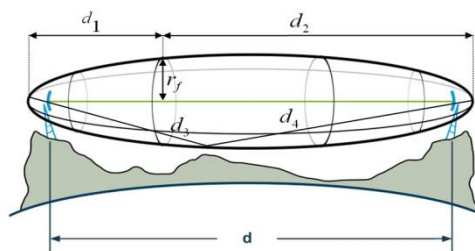
Path profile (Peta Penampang) dengan metode flat earth curve adalah alat bantu berupa grafik berskala yang dipergunakan untuk menentukan kondisi lintasan memenuhi syarat LOS atau tidak LOS dengan proyeksi permukaan bumi datar. Parameter yang harus diperhatikan dalam penggambarannya adalah daerah fresnell, tinggi obstacle sepanjang lintasan, koreksi ketinggian tiap obstacle di sepanjang lintasan, high clearance dan jarak.

Daerah Fresnell

Daerah *fresnell* adalah tempat kedudukan titik-titik sinyal tak langsung (berbentuk *ellips*) dalam lintasan gelombang radio, dimana daerah tersebut dibatasi oleh gelombang tak langsung yang mempunyai beda panjang $\frac{1}{2}\lambda$ lintasan dengan sinyal langsung sebesar, seperti persamaan (1).

$$F1 = 17,3 \sqrt{\frac{d1 \cdot d2}{f \cdot d}} \text{ m} \tag{1}$$

- f = frekuensi (GHz)
- d = (d1+d2) jarak lintasan (Km)
- d1 & d2 = jarak (Km) dari terminal ke lintasan *obstacle*.



GAMBAR 1. Fresnell Zone.

Koreksi ketinggian diperlukan karena penggambaran terhadap kondisi bumi yang terbentuk bulat, hal ini memberikan pengaruh terhadap tinggi *obstacle* pada sepanjang lintasan sistem telekomunikasi gelombang radio mikro, seperti persamaan (2).

$$h_k = \frac{d_1 \cdot d_2}{12,75 \times K} \text{ m} \tag{2}$$

- dimana :
- h_k : koreksi ketinggian (m) terhadap permukaan laut.
- K : faktor kelengkungan bumi (konstanta).
- d_1 & d_2 : jarak (Km) dari terminal ke lintasan *obstacle*.

High clearance adalah jarak antara sumbu utama lintasan gelombang radio dengan puncak penghalang (*obstacle*). Agar syarat *Line Of Sight* (LOS) terpenuhi maka besarnya tinggi *obstacle* harus diperhitungkan pada titik dimana terletak *obstacle* yang tertinggi seperti persamaan (3).

$$h_c = \frac{h_1 \cdot d_2 + h_2 \cdot d_1}{d} - h_k - h_s \tag{3}$$

dimana :

- h_c : ketinggian obstacle (m) terhadap permukaan laut
- h_1 : ketinggian antenna 1 (m) terhadap permukaan laut
- h_2 : ketinggian antenna 2 (m) terhadap permukaan laut
- h_k : koreksi ketinggian (m) terhadap permukaan laut
- h_s : ketinggian obstacle (m) terhadap permukaan laut
- d_1 & d_2 : jarak (Km) dari terminal ke lintasan *obstacle*

Power Link Budget

Level daya terima nominal (Receive Signal Level) sistem transmisi dapat dihitung dengan persamaan (4)

$$RSL = P_t + G_{total} + L_{transmisi} \tag{4}$$

dimana :

- RSL : level daya terima (dBm)
- P_t : Daya Transmisi (dBm)
- G_{to} : Gain Total Antena Rx dan Tx (dB)
- L_{tra} : Redaman Transmisi (dB)

Perambatan gelombang radio di suatu ruang dari suatu tempat ke tempat lain mengalami penyebaran energi di sepanjang lintasannya, sehingga terjadi kehilangan energi yang disebut redaman ruang bebas di gambarkan dalam persamaan (5).

$$FSL = 32.44 + 20 \text{ Log } f \text{ (MHz)} + 20 \text{ Log } d \text{ (km)} \text{ dB} \tag{5}$$

dimana :

- FSL : redaman ruang bebas (dB)
- d : jarak lintasan (Km)
- f : frekuensi kerja (MHz)

Redaman Transmisi

Dalam propagasi sinyal akan mengalami degradasi yang disebabkan oleh kondisi atmosfer, permukaan bumi dan juga redaman pada saluran transmisi. Untuk menghitung redaman transmisi dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$L_{transmisi} = FSL + L_b + L_f + L_{rain} + L_{atm} + L_o \tag{6}$$

dimana :

- FSL : redaman ruang bebas/ Free Space Loss (dB)
- L_b : redaman pada saluran percabangan pemancar dan penerima (dB)
- L_f : redaman pada feeder pemancar dan penerima (dB)
- L_{rain} : redaman hujan (dB)
- L_{atm} : redaman atmosfer pada propagasi (dB)

Berdasarkan rekomendasi ITU-R P.676-3, maka redaman atmosfer dapat dihitung :

$$L_{atm} = I\alpha \times d \text{ dB}$$

dimana : $I\alpha = 0,0524 \text{ dB/Km}$

Berdasarkan rekomendasi ITU-R P.837-2, kondisi curah hujan di Indonesia adalah 145 mm/jam, maka redaman hujan dapat dihitung :

$$L_{rain} = IR \times deff \text{ dB}$$

dimana :

$$IR = K \times R^\alpha \quad \alpha : 1.322$$

$$deff = d \cdot r \quad Do : 7.810$$

$$r = \frac{1}{1 + d / do} \quad K : \text{Faktor iklim}$$

$$R : \text{curah hujan}$$

Perhitungan Fading

Fading adalah variasi sinyal terima saat sebagai fungsi dari fasa, polarisasi dan kuatnya sinyal terima akibat pengaruh hambatan lintasan baik itu pembiasan, pemantulan, difraksi, hamburan, redaman dan karena akibat-akibat yang lain

- Flat Fading
- Frequency Selective Fading
- Flat Fading Margin (FFM)

$$FFM = RSL - Rx_{(threshold)}$$

dimana :

- FFM : Flat Fading Margin
- RS : level daya terima (dBm)
- Rx_(threshold) : level threshold dari thermal noise penerima (dBm)

Perhitungan Gain

$$G = 10 \log \left[\frac{(\Pi d)^2 P}{\lambda^2} \right] dB \tag{7}$$

dimana :

- d : diameter antena (m)
- P: efesiensi antena dalam prosentase, nilai khas antara 0.4 – 0.8 (biasanya menggunakan 0.5)
- λ : panjang gelombang (m) (panjang gelombang cahaya = 3x10⁸ m)

Probabilitas Outage

Probabilitas outage adalah kemungkinan putusnya suatu hubungan komunikasi. Probabilitas outage perlu diperhitungkan dalam perancangan sistem gelombang mikro karena diperlukan untuk mengestimasi kondisi terburuk atau dalam kondisi fading terburuk agar komunikasi tidak terputus.

Pada transmisi gelombang mikro, outage disebabkan oleh distorsi gelombang akibat Frequency Selective Fading, interferensi dan noise thermal. Rekomendasi ITU-R 633-3 menetapkan propagasi outage dengan panjang lintasan 2500 Km dan maksimum 9 hop, untuk 280 ≤ L ≤ 2500 Km :

$$P_t \leq (280/2500) \times 0.4 \%$$

$$P_t \leq 0,0448\%$$

$$P_t \leq 0,000448$$

Availability sistem radio diatur oleh rekomendasi ITU-R F634-3, dimana untuk sistem radio dengan panjang lintasan ≤ 280 Km adalah :

$$AV \geq (100 - P_o) \%$$

$$AV \geq (1 - 0,00448)$$

$$AV \geq 0,999252$$

Probabilitas Outage untuk Sistem tanpa Menggunakan Teknik Diversity

Berdasarkan rekomendasi ITU-R P.530-8 untuk menghitung probabilitas outage total sistem adalah sebagai berikut :

$$P_t = P_{ns} + P_s + P_x$$

dimana :

P_{ns} : probabilitas outage disebabkan non-selective fading

P_s : probabilitas outage disebabkan selective fading

P_{xp} : probabilitas outage disebabkan xp degradasi

Probabilitas Outage untuk Sistem Menggunakan Teknik Diversitas

Teknik diversitas adalah suatu teknik dimana memiliki penerimaan rangkap. Adapun teknik yang digunakan adalah teknik *space diversity*. Penggunaannya saat kasus *radio link* memiliki jarak yang jauh dan untuk menghindari *multipath fading*. Harga total probabilitas *outage* menggunakan teknik diversitas dihitung dengan persamaan :

$$P_t = P_d \times P_{xp}$$

dimana :

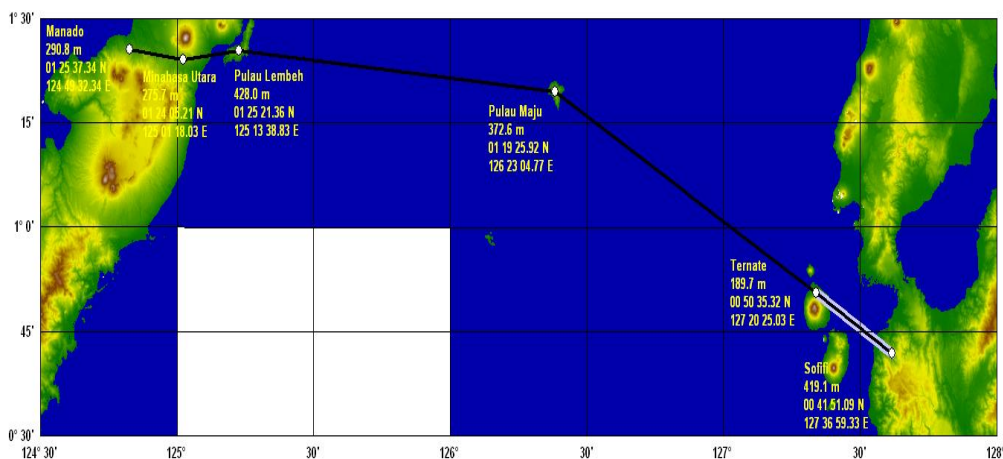
P_d : kombinasi *probabilitas outage* disebabkan oleh *selective* dan *non selective*

Perencanaan Jaringan

TABEL 3. Daftar Lokasi Site.

No.	Nama Site	Long.	Lat	Elev. (mASL)
1	Manado	124° 49' 32.34" E	01° 25' 37.34" N	290.84
2	Minahasa Utara	125° 01' 18.03" E	01° 24' 05.21" N	275.67
3	Pulau Lembeh	125° 13' 38.83" E	01° 25' 21.36" N	427.97
4	Pulau Maju	126° 23' 04.77" E	01° 19' 25.92" N	372.61
5	Ternate	127° 20' 25.03" E	00° 50' 35.32" N	189.73
6	Sofifi	127° 36' 59.33" E	00° 41' 51.09" N	419.13

Penentuan Radio Link



GAMBAR 2. Peta Rute Radio Link.

Peta rute tersebut dibuat untuk melihat jalur yang akan digunakan untuk jaringan radio *microwave* dan juga melihat kondisi geografisnya secara umum. Hasil pencarian menggunakan aplikasi *google earth*.

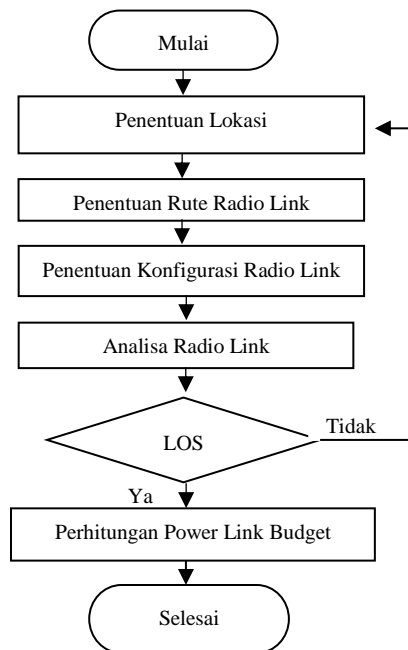
Langkah kedua adalah memasukkan data koordinat pada tabel dibawah ini dengan menggunakan *software pathloss*. Setelah data tersebut dimasukkan , dihubungkan titik-titik yang sudah ditentukan, maka didapat *radio link* yang menghubungkan Manado-Sofifi. Tujuan

yang lain adalah untuk mendapatkan data seperti jarak, azimuth, kontur dan titik tinggi *obstacle* di sepanjang lintasan.

TABEL 4. Daftar Radio Link.

No.	Site A	Site B	Jarak (Km)	Ket
1	Manado	Minahasa Utara	22	LOS
2	Minahasa Utara	Pulau Lembeh	23.02	LOS
3	Pulau Lembeh	Pulau Maju	129.24	LOS
4	Pulau Maju	Ternate	118.9	LOS
5	Ternate	Sofifi	34.7	LOS

Diagram Alur Perencanaan



GAMBAR 3. Diagram alur perencanaan.

HASIL PERHITUNGAN

TABEL 5. Daftar radio link backbone Manado ke Sofifi.

Hop	Site A	Site B	Pt	AV	Ket
1	Manado	Minahasa Utara	0.000036258	0.999963742	LOS, tanpa teknik diversitas
2	Minahasa Utara	Pulau Lembeh	0.0000038298	0.99999617	LOS, tanpa teknik diversitas
3	Pulau Lembeh	Pulau Maju	0.0004014	0.9995986	LOS, dengan teknik diversitas
4	Pulau Maju	Ternate	0.00026539	0.99973461	LOS, dengan teknik diversitas
5	Ternate	Sofifi	0.0000558	0.9999442	LOS, tanpa teknik diversitas

Analisa perencanaan *radio link* yang telah disebutkan diatas mencakup beberapa hal sebagai berikut (1) Pembuatan *Path Profile* seperti perhitungan jari-jari *Fresnell* 1, perhitungan koreksi ketinggian, perhitungan *high clearance*, perhitungan *Power Link Budget*, perhitungan redaman, perhitungan Level Daya Terima (RSL), perhitungan *Flat Fade Margin*, (2) perhitungan probabilitas *outage* tanpa menggunakan teknik diversitas, perhitungan probabilitas *Non-elective Outage*, perhitungan Probabilitas *Selective Outage*, perhitungan *Probabilitas Outage* dengan menggunakan teknik diversitas.

KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan dan analisa, maka didapat kesimpulan bahwa dalam membuat jaringan sistem komunikasi antara Manado dan Sofifi menggunakan *Radio Microwave* dibutuhkan 5 hop dengan spesifikasi disebabkan jarak, elevasi dan kontur bumi yang berbeda beda tiap hop membuat redaman, gain, dan daya yang diterima berbeda-beda. Dalam setiap hop memiliki harga probabilitas *outage total* (Pt) dan *availability* (AV) yang berbeda beda. Walaupun demikian jika kebutuhan akan jaringan telekomunikasi semakin meningkat di daerah tersebut, maka diperlukan upgrade kapasitas. Hal ini disebabkan karena penggunaan teknologi *Synchronous Digital Hierarchi* (SDH) yang memudahkan *add/drop multiplexing*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andri, (2003), Perancangan Backbone Bangka - Belitung Area PT. Telkomsel Project dengan Menggunakan SDH Microwave System
- [2] Bates, R., (2002), *Broadband Telecommunication Handbook*. San Fransisco
- [3] Cooperation, A. (1995), *Anritsu Wiltron Measuring Equipment*. Japan
- [4] Dr. Ir. Suhana, & Shoji, S. (2002). *Buku Pegangan Teknik Telekomunikasi*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [5] Freeman, R. L. (n.d.), *Radio System Design for Telecommunication* (1-100 GHz)
- [6] Freeman, R. L. (n.d.), *Telecommunication Transmission Handbook*
- [7] Fujitsu Limited. (2002), *Fujitsu Module SDH Fundamental*. Japan
- [8] Rec. ITU-R F., 1093, (n.d.), Effect Of Multipath Propagation On The Design And Operation Of Line Of Sight Digital Radio-Relay Systems”.
- [9] Rec. ITU-R G.821. (n.d.). Error Performance Of An International Digit Connection Operating at a Bit Rate Below The Primary Rate And Forming Part Of an Integrated Service Digital Network”.
- [10] Rec. ITU-R P. 530-8. (n.d.). Propagation Data and Prediction Methode Required for the Design of Terrestrial LINE OF SIGHT System.
- [11] Rec. ITU-R P. 634-3. (n.d.). Error Performance Objective for Real Digital Radi-Relay Link Forming Part of High-Grade Circuit Within An Integrated Service Digital Network.
- [12] Rec. ITU-R P. 676-3. (n.d.). Attenuation by Atmospheric Gases.
- [13] Rec. ITU-R P.453. (n.d.). The Radio Refractive Index: ITS Formula and Refractivity Data
- [14] Rec. ITU-R PN 837-1. (n.d.). Characteristics of Precipitation for Propagation Modelling.
- [15] Saydam, Bc. TT., D. (2003). *Sistem Telekomunikasi di Indonesia*. Bandung: Alfabeta.
- [16] Usman, U. K. (2008). *Pengantar Ilmu Telekomunikasi*. Bandung: Informatika Bandung.
- [17] Wibisono, G., Usman, U. K., & Hantoro, G. D. (2008). *Konsep Teknologi Seluler*. Bandung: Informatika Bandung.