

EVALUASI MODEL PROPAGASI WALFISCH IKEGAMI DAN OKUMURA HATTA PADA AREA URBAN

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1



Disusun oleh:

Deni Fahreza

1324088

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**

Yogyakarta

2018

LEMBAR PENGESAHAN

EVALUASI MODEL PROPAGASI WALFISCH IKEGAMI DAN OKUMURA HATTA PADA AREA URBAN

TUGAS AKHIR
ISLAM

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Disusun oleh:
Deni Fahreza
13524088

Yogyakarta, 30 Juli 2018

Menyetujui,
Pembimbing



Tito Yuwono S.T., M.Sc.

00524102

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**EVALUASI MODEL PROPAGASI WALFISCH IKEGAMI DAN OKUMURA
HATTA PADA AREA URBAN**

TUGAS AKHIR

Oleh:

Nama : Deni Fahreza

No. Mahasiswa : 13524088

**Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro**

Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 12 September 2018

Tim Penguji,

Tito Yuwono, S.T., M.Sc.
Ketua

Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T.
Anggota I

Ida Nurcahyani, S.T., M.Eng.
Anggota II

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Universitas Islam Indonesia



Yusuf Aziz Amrulloh, S.T., M.Eng., Ph.D.

PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan menyusun laporan dengan judul “Evaluasi Model Walfisch Ikegami dan Okumura Hatta Pada Area Urban”.

Laporan ini disusun sebagai hasil penelitian yang telah dilaksanakan dan merupakan salah satu syarat akademis untuk kelulusan di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Dalam pelaksanaan sehingga tersusun laporan ini, berbagai bentuk bantuan telah penulis terima, baik berupa data-data tertulis, proses penyusunan laporan, hingga dukungan moril yang semuanya memiliki hikmah sendiri. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Tito Yuwono S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing skripsi.
3. Teman-teman jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia yang telah banyak memberi dukungan kepada kami.
4. Karyawan PT. Huawei Tech Investment karena telah bekerjasama dan memberikan kebutuhan informasi.
5. Karyawan PT. NexWave karena telah bekerjasama dan memberikan kebutuhan informasi.
6. Karyawan PT. Adyawinsa Telecommunication karena telah bekerjasama dan memberikan kebutuhan informasi.
7. Penulis menyadari bahwa laporan skripsi masih belum sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan untuk menambah pemahaman dan pengetahuan penulis.
8. Akhir kata, penulis meminta sebesar-besarnya jika ada kekeliruan pada penulisan laporan. Semoga laporan skripsi ini bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Yogyakarta, 29 Juli 2017

Deni Fahreza

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

RSSI = *Receive Signal Strength Indicator.*

RSRP = *Reference Signal Receive Power.*

PCI = *Peripheral Component Interconnect.*

Pathloss = Nilai rugi – rugi transmisi telekomunikasi.

Link Budget = Nilai akumulasi dari penguatan dan rugi-rugi pada sistim telekomunikasi.

Gain = Kemampuan antenna untuk mengarahkan radiasi pancaran.

Capex = *Capital Expenditure.*

Building = Bangunan.

Mobile Station = Perangkat Pengguna.

ABSTRAK

Urban merupakan wilayah dengan kepadatan pengguna layanan telekomunikasi seluler tertinggi. Tingginya nilai investasi untuk pembangunan infrastruktur telekomunikasi mengharuskan perusahaan jasa layanan telekomunikasi seluler menentukan spesifikasi perangkat yang optimal. Salah satu cara adalah memetakan nilai *pathloss* dengan menggunakan metode statistik. Dengan memetakan *pathloss*, penyedia jasa layanan telekomunikasi seluler dapat menentukan spesifikasi perangkat pada *Base Transceiver Station*. Metode Okumura Hatta dan Walfisch Ikegami adalah metode perhitungan nilai *pathloss*. Namun, metode ini tidak memberikan keakuratan nilai. Hal ini disebabkan statistik dari parameter metode Okumura Hatta dan Walfisch Ikegami memiliki perbedaan nilai pada setiap wilayah. Pada penelitian ini pengambilan sampel dilakukan secara acak. Lokasi pengambilan sampel terletak pada wilayah urban di Yogyakarta. Pengambilan sampel menggunakan pendekatan dengan metode *drive test* serta *software* penunjang seperti Matlab dan Google Earth. Hasil perhitungan menunjukkan Model Okumura Hatta memiliki MAPE *downlink* 12,140%, RMSE *downlink* 28,66, MAD *downlink* 24,33 dan Model Walfisch Ikegami memiliki MAPE *downlink* 46,95%, RMSE *downlink* 94,03, MAD *downlink* 93,31 serta Model Okumura Hatta memiliki MAPE *uplink* 12,45%, RMSE *uplink* 29,30, MAD *uplink* 25,47 dan Model Walfisch Ikegami memiliki MAPE *uplink* 47,30%, RMSE *uplink* 94,72, MAD *uplink* 94,01. Okumura Hatta memiliki nilai RMSE, MAPE, dan MAD lebih kecil dibandingkan dengan Walfisch Ikegami. Hal ini menunjukkan bahwa model Okumura Hatta lebih akurat dibandingkan dengan model Walfisch Ikegami.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN.....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	1
BAB 1 PENDAHULUAN	2
1.1 Latar Belakang Masalah	2
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Studi Literatur	4
2.2 Tinjauan Teori.....	4
2.2.1 <i>Base Transceiver Station</i>	5
2.2.2 <i>Pathloss Model</i>	6
2.2.3 <i>Free Space Pathloss</i>	6
2.2.4 Model Okumura Hatta.....	6
2.2.5 Model Walfisch Ikegami.....	6
2.2.6 Parameter Evaluasi	8
BAB 3 METODOLOGI	10

3.1 Alur Penelitian	10
3.2 Observasi	11
3.2.1 Penentuan Lokasi Penelitian	11
3.2.2 Data Spesifikasi <i>Base Transceiver Station</i>	12
3.2.3 Data <i>Drive Test</i>	13
3.3 Pengambilan dan Evaluasi Data	13
3.4 Perhitungan	14
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Parameter Pengguna	15
4.2 Parameter <i>Base Transceiver Station</i>	16
4.3 Model Okumura Hatta	16
4.4 Model Walfisch Ikegami	17
4.5 <i>Pathloss</i> Pengukuran.....	21
4.6 Perhitungan galat	23
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	24
5.1 Kesimpulan	24
5.2 Saran	24
DAFTAR PUSTAKA	25
LAMPIRAN	27

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Parameter Pengguna	16
Tabel 4.2 Parameter <i>Base Transceiver Station</i>	16
Tabel 4.3 Parameter Okumura Hatta	17
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan <i>Pathloss</i>	17
Tabel 4.5 Parameter Walfisch Ikegami	18
Tabel 4.6 Sudut Datang Antena	19
Tabel 4.7 Perbandingan K_a , K_d , dan L_{bsh}	20
Tabel 4.8 Menentukan L_p	20
Tabel 4.9 <i>Pathloss</i> Walfisch Ikegami.....	21
Tabel 4.10 Data Daya Pancar	21
Tabel 4.11 Perhitungan <i>Pathloss</i>	22
Tabel 4.12 Perbandingan <i>Pathloss</i> Daya Pengukuran dan Daya Standar.	22
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Galat Okumura Hatta.....	23
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Galat Walfisch Ikegami	23

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	10
Gambar 3.2 Profil Wilayah Penelitian.	12
Gambar 3.3 Konfigurasi <i>Base Transceiver Station</i>	12
Gambar 3.4 Ilustrasi <i>Drive Test</i>	13
Gambar 3.5 Pengambilan Data <i>Base Transceiver Station</i>	13
Gambar 3.6 Pengambilan Data RSRP.....	14
Gambar 4.1 Ilustrasi Model Walfisch Ikegami	18
Gambar 4.2 Ilustrasi Perhitungan Sudut Datang Gelombang	19

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pathloss propagasi merupakan tolak ukur yang sangat penting dalam perencanaan jaringan *wireless*, termasuk jaringan seluler. Bentuk tidak seragam pada bangunan dan perubahan cuaca membuat perhitungan *pathloss* propagasi menjadi tidak mudah untuk diprediksi. Kombinasi statistik dan teori elektromagnetik membantu memprediksi *pathloss* propagasi dengan lebih teliti. Oleh karena itu, banyak model propagasi yang mendekati kondisi nyata di lapangan dengan ketentuan tertentu agar dapat mendekati kondisi di lapangan. Beberapa penelitian tentang model propagasi telah dilakukan oleh berbagai pihak, termasuk *International Telecommunication Union* (ITU) yang merupakan lembaga internasional yang mengatur masalah telekomunikasi. Model propagasi yang dibuat oleh *International Telecommunication Union* (ITU) diantaranya ITU-R P.370-7 dan ITU-R P.1546-3 [1].

Memenuhi permintaan pengguna akan akses internet, antarmuka sistem radio paket harus lebih efisien sehingga memungkinkan transmisi data dengan *bitrate* tinggi untuk operasi dibawah 11 GHz dan *mobile* beroperasi dibawah frekuensi 6 GHz. Perkiraan *pathloss* sangat penting karena pada penerapannya dibutuhkan kekuatan sinyal yang baik untuk mengakses internet [2].

Urban mikrosel dengan kepadatan pengguna yang tinggi hanya memiliki radius maksimal kurang dari 1000 meter dengan antenna *Base Station* (BS). Perambatan gelombang radio di perkotaan ditandai oleh *multipath* propagasi. *Multipath* propagasi terjadi akibat dari refleksi dan difraksi oleh bangunan. Dampak kuat propagasi dari gedung dan jalan menyebabkan model propagasi empiris seperti model Okumura Hatta tidak sesuai untuk perencanaan mikrosel, sehingga diperlukan model propagasi yang lebih akurat [3].

Jumlah penduduk Indonesia yang mencapai 250 juta jiwa adalah pasar yang besar. Pengguna ponsel pintar Indonesia juga bertumbuh dengan pesat. Lembaga riset digital marketing E-marketer memperkirakan pada 2018 jumlah pengguna aktif ponsel pintar di Indonesia lebih dari 100 juta orang. Dengan jumlah sebesar itu, Indonesia akan menjadi negara dengan pengguna aktif *smartphone* terbesar keempat di dunia setelah Cina, India, dan Amerika [4].

Tingginya biaya investasi pembangunan *Base Transceiver Station* mengakibatkan nilai Capex perusahaan penyedia jasa layanan telekomunikasi tidak optimal sehingga dibutuhkan penentuan spesifikasi perangkat dan pemetaan posisi optimal dengan menghitung nilai *pathloss* pada masing-masing kanal transmisi pada antenna *Base Transceiver Station* [5].

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara mengevaluasi model Okumura Hatta dan Walfisch Ikegami ?
2. Berapa nilai evaluasi pada model propagasi Okumura Hatta dan Walfisch Ikegami ?
3. Bagaimana keakuratan model propagasi Okumura Hatta dan Walfisch di wilayah urban ?

1.3 Batasan Masalah

1. Tidak melakukan perbaikan model propagasi.
2. Tidak menjelaskan secara rinci mengenai algoritma perangkat yang digunakan.
3. Hanya memberikan parameter untuk masing-masing model.
4. Tidak membahas secara detail perangkat dan merek yang digunakan dalam analisa.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis dan membandingkan model propagasi Walfisch Ikegami dan Okumura Hatta.
2. Mengetahui akurasi model propagasi Walfisch Ikegami dan Okumura Hatta untuk wilayah urban di Yogyakarta.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat dijadikan referensi dalam pemilihan model propagasi untuk wilayah urban.
2. Memberikan pemahaman mengenai model propagasi.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Model propagasi seperti Okumura Hatta dan COST-231-Walfisch Ikegami tidak membantu memprediksi *pathloss* dengan akurat untuk kondisi medan di India. Karena nilai *pathloss* mempengaruhi biaya operasional dan kualitas layanan secara signifikan, diperlukan model *pathloss* baru untuk wilayah di India. Pemodelan *pathloss* yang akurat untuk medan di India memerlukan data perencanaan medan dan data bangunan, untuk uji coba ekstensif karakteristik sinyal radio, terkait data operator telekomunikasi nirkabel dengan lokasi *base transceiver station*, daya transmisi, tinggi, dan kemiringan [6].

Meningkatnya kebutuhan kualitas layanan telekomunikasi *broadband* mengharuskan teknologi layanan seluler ditingkatkan dari teknologi selular *3.5G* menjadi *4G Long Term Evolution* (LTE). Seiring meningkatnya teknologi dibutuhkan model statistik baru untuk melakukan pendekatan perhitungan nilai *pathloss* kanal transmisi [7].

Membandingkan *pathloss* pada pita frekuensi 850 MHz dan 1800 MHz dengan berbagai model *pathloss*, seperti model Walfisch Ikegami (WI), SUI, dan Ericsson. Ketiga model digunakan untuk simulasi *pathloss* pada Matlab. Hasilnya, menunjukkan bahwa ketika model WI dengan jarak terjauh memiliki nilai *pathloss* tertinggi pada antenna penerima 1 meter dan 5 meter. *Pathloss* pita frekuensi 1800 MHz lebih besar daripada *pathloss* pita frekuensi 850 MHz dalam kondisi yang sama. *Pathloss* dapat digunakan untuk menentukan lokasi pemasangan *Base Transceiver Station* dengan kualitas *link budget* terbaik. Jadi, pada jarak yang sama jika menggunakan pita frekuensi 1800 MHz untuk jaringan seluler dengan teknologi yang sama akan diperlukan *Base Transceiver Station* lebih banyak daripada menggunakan pita frekuensi 800 MHz [8].

2.2 Tinjauan Teori

Definisi dari propagasi gelombang adalah perambatan gelombang pada media perambatan atau media transmisi. Media transmisi berupa kawat, udara, atau cahaya. Propagasi melalui udara menggunakan gelombang elektromagnetik atau radio disebut sistem transmisi radio. Komunikasi seluler merupakan sistem telekomunikasi yang menggunakan media transmisi udara, sistem ini memiliki kelebihan dapat digunakan berkomunikasi dimanapun selama masih terjangkau oleh *Base Transceiver Station*. Area cakupan antenna *Base Transceiver Station* adalah persebaran

sinyal dari antena di permukaan bumi. Area cakupan antara *Base Transceiver Station* memiliki luas area berbeda-beda. Aspek-aspek mempengaruhi area cakupan adalah jenis antena, tipe lingkungan, model propagasi, jari-jari sel, dan *link budget* [9].

2.2.1 Base Transceiver Station

Base Transceiver Station adalah infrastruktur dalam sistem telekomunikasi yang digunakan sebagai alat untuk mentransmisikan gelombang elektromagnetik. Pada penerapannya *Base Transceiver Station* di bagi menjadi 3 jenis, yaitu [10] :

1. *Rooftop Base Transceiver Station*.

Rooftop Base Transceiver Station dibangun di atas atap sebuah gedung atau bangunan tinggi dengan tingg berkisar dari 15 - 30 meter.

2. *Green Field Base Transceiver Station*.

Greenfield Base Transceiver Station dibangun di atas permukaan tanah dengan tinggi berkisar 25-50 meter. *Base Transceiver Station* jenis ini digunakan sebagai main *Base Transceiver Station*.

3. *Road Field Base Transceiver Station*.

Road Field Base Transceiver Station dibangun pada lokasi padat penduduk dan terletak dipinggir jalan.

Dalam penerapan sistem pada *Base Transceiver Station* terdiri dari beberapa komponen. Berikut komponen *Base Transceiver Station* :

1. Antena.

Antena adalah komponen digunakan untuk memancarkan gelombang elektromagnetik. Pada *Base Transceiver Station* terdapat dua jenis antena yaitu antena radio frekuensi dan antena *microwave*.

2. *Radio Remote Unit* (RRU).

Radio Remote Unit adalah komponen digunakan untuk mengatur daya pancar dan frekuensi antena radio frekuensi.

3. *Out Door Unit* (ODU) dan *Indoor Unit* (IDU).

ODU dan *IDU* adalah komponen digunakan untuk mengatur daya pancar dan frekuensi pada antena *microwave*.

4. *Main Processing and Transmission Unit* (UMPT).

UMPT adalah komponen digunakan untuk mengatur dan memantau *Base Transceiver Station* secara keseluruhan.

2.2.2 Pathloss Model

Pathloss propagasi adalah perbedaan nilai antara *power transmitter* (P_T) dan *power receiver* (P_R) dengan persamaan sebagai berikut [11] :

$$L_P \text{ (dB)} = P_T - P_R \quad (2.1)$$

2.2.3 Free Space Pathloss

Free Space Pathloss adalah pengurangan daya antara antena pengirim dan penerima, dimana f adalah frekuensi dalam satuan MHz dan d adalah jarak *Base Transceiver Station* ke *Mobile Station* dalam satuan meter[11].

$$L_{FS}(\text{dB}) = 32,44 + 20 \log_{10}(f) + 20 \log_{10}(d) \quad (2.2)$$

2.2.4 Model Okumura Hatta

Okumura Hatta adalah model empiris didasarkan pada analisis statistik dari sejumlah besar ukuran eksperimental dengan memperhitungkan akumulasi total dari parameter seperti bangunan, *Base Transceiver Station*, dan ketinggian stasiun *Mobile Station*[12].

$$L_p = 46,3 + 33,9 \log f - 13,82 \log(h_b) - a(h_r) + (44,9 - 6,55 \log h_b) \log d \quad (2.3)$$

$$a(h_r) = (1,1 \log f - 0,7)h_r - (1,5 \log f - 0,8) \quad (2.4)$$

Keterangan :

L_p = *pathloss* (dB).

f = frekuensi (MHz).

h_b = tinggi *Base Tranceiver Station* (m).

h_r = tinggi perangkat pengguna (m).

d = jarak antara *Base Transceiver Station* dan perangkat pengguna (km).

$a(h_r)$ = faktor koreksi tinggi antena *Base Station*.

2.2.5 Model Walfisch Ikegami

Walfisch Ikegami adalah model didasarkan pada area regular dengan deretan bangunan seragam, tinggi bangunan seragam, dan terletak pada medan datar. Bangunan disusun di sepanjang grid jalan dengan kerapatan antara bangunan hampir tidak memiliki jarak. Perambatan terjadi terutama di atas bangunan. Berikut persamaan perhitungan perambatan [13] :

$$L_p = \begin{cases} L_0 + L_{rts} + L_{msd} & L_{rts} + L_{msd} > 0 \\ L_0 & L_{rts} + L_{msd} \leq 0 \end{cases} \quad (2.5)$$

Keterangan :

$L_0 = \text{free space loss}$.

Dimana mencari L_0 :

$$L_0 = 32,44 + 20 \log f + 20 \log d \quad (2.6)$$

Dimana mencari L_{rts} :

$$L_{rts} = -16,9 - 10 \log w + 10 \log f + 20 \log(h_{\text{roof}} - h_r) + L_{\text{ori}} \quad (2.7)$$

Dimana mencari L_{ori} :

$$L_{\text{ori}} = -10 + 0,354\alpha \text{ untuk } 0^\circ \leq \alpha \leq 35^\circ \quad (2.8)$$

$$L_{\text{ori}} = 2,5 + 0,075(\alpha - 35) \text{ untuk } 35^\circ \leq \alpha \leq 55^\circ \quad (2.9)$$

$$L_{\text{ori}} = 4 - 0,114(\alpha - 55) \text{ untuk } 55^\circ \leq \alpha \leq 99^\circ \quad (2.10)$$

Dimana Mencari L_{msd} :

$$L_{msd} = L_{\text{bsh}} + K_a + K_d \log d + K_f \log f - 9 \log b \quad (2.11)$$

Dimana mencari K_a :

$$K_a = \begin{cases} 54 & h_{\text{TX}} > h_{\text{roof}} \\ 54 - 0,8(h_{\text{TX}} - h_{\text{roof}}) & d \geq 0,6 \text{ km dan } h_{\text{TX}} \leq h_{\text{roof}} \\ 54 - 0,8(h_{\text{TX}} - h_{\text{roof}}) & \frac{d}{0,5} < 0,5 h_{\text{TX}} < h_{\text{roof}} \end{cases} \quad (2.12)$$

Dimana mencari L_{bsh} :

$$L_{\text{bsh}} = \begin{cases} -18(1 + (h_{\text{TX}} - h_{\text{roof}})) & h_{\text{TX}} > h_{\text{roof}} \\ 0 & h_{\text{TX}} < h_{\text{roof}} \end{cases} \quad (2.13)$$

Dimana mencari K_d :

$$K_d = \begin{cases} 18 & h_{\text{TX}} > h_{\text{roof}} \\ 18 - 15 \frac{h_{\text{TX}} - h_{\text{roof}}}{h_{\text{roof}} - h_{\text{TX}}} & h_{\text{TX}} < h_{\text{roof}} \end{cases} \quad (2.14)$$

Dimana mencari K_f :

$$K_f = \begin{cases} 0,7 \left(\frac{f}{925} - 1 \right) & \text{untuk kota} \\ 1,5 \left(\frac{f}{925} - 1 \right) & \text{untuk kota besar} \end{cases} \quad (2.15)$$

Dimana :

$L_p = \text{pathloss (dB)}$.

- f = frekuensi (MHZ).
 h_{TX} = tinggi *Base Transceiver Station* (m).
 h_r = tinggi perangkat pengguna (m).
 h_{roof} = tinggi gedung (m).
 d = jarak antara *Base Transceiver Station* dengan perangkat pengguna (m).
 b = jarak antara bangunan (m).
 w = lebar jalan raya (m).
 α = nilai sudut datang antena (derajat)
 L_0 = nilai *pathloss* pada udara terbuka (dB).
 L_{ori} = nilai *pathloss* yang disebabkan oleh difraksi dan refleksi bangunan (dB).
 L_{bsh} = nilai *pathloss* akibat lebar jalan (dB).
 K_a = variable koreksi untuk tinggi *Base Transceiver Station* (dB).
 K_d = variabel koreksi untuk tinggi bangunan (dB).
 K_f = faktor koreksi wilayah perkotaan (dB).

2.2.6 Parameter Evaluasi

Ada dua alasan utama mengukur akurasi prediksi model. Pertama, pada tahap pengembangan dan identifikasi model, ukuran akurasi diperlukan untuk membandingkan model-model alternatif satu sama lain dan menentukan nilai parameter yang muncul dalam ekspresi untuk fungsi prediksi. Pengidentifikasi model prediksi yang paling akurat, masing-masing model dianggap diterapkan pada data masa lalu dan model dengan total galat minimum dipilih. Kedua, perlu untuk secara berkala menilai keakuratan untuk mendeteksi kelainan dan kekurangan dalam model yang mungkin timbul di lain waktu. Untuk mengevaluasi akurasi dan peramalan kinerja model berbeda, penelitian ini mengadopsi tiga indeks evaluasi: *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Deviation* (MAD) [14].

MAPE adalah nilai absolut dari persentase galat data terhadap *mean*, atau dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$MAPE = \frac{\sum \left(\frac{\text{Prediksi} - \text{Aktual}}{\text{Aktual}} \right) \times 100}{n} \quad (2.16)$$

RMSE adalah penjumlahan kuadrat galat atau selisih antara nilai aktual dan nilai prediksi, kemudian membagi jumlah tersebut dengan banyaknya waktu data peramalan dan kemudian menarik akarnya, atau dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum(\text{Aktual} - \text{Prediksi})^2}{n}} \quad (2.17)$$

MAD adalah nilai absolut dari penyimpangan data terhadap *mean*, atau dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{MAD} = \sum \frac{(\text{Aktual} - \text{Prediksi})}{n} \quad (2.18)$$

Dimana :

n = jumlah sampel data.

Aktual = nilai yang diperoleh dengan pengukuran perangkat.

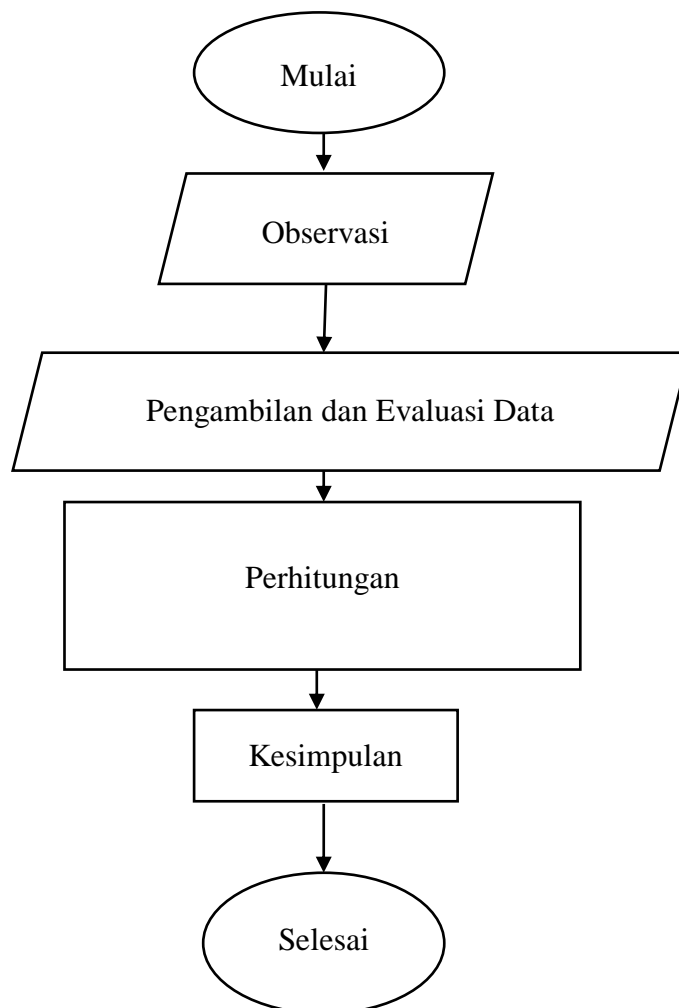
Prediksi = nilai yang diperoleh dengan menggunakan persamaan.

BAB 3

METODOLOGI

Metode Okumura Hatta dan Walfisch Ikegami digunakan sebagai model perhitungan untuk mendapatkan pendekatan nilai *link budget*. *Link budget* sangat diperlukan dalam rancang bangun infrastruktur telekomunikasi, dengan *link budget* perancang dapat menentukan peletakan dan spesifikasi perangkat yang optimal. Sebelum melaksanakan penelitian, ada beberapa tahap yang harus peneliti lakukan, yaitu : observasi, pengambilan dan evaluasi data, perhitungan, dan kesimpulan. Tahapan perencanaan disusun guna memudahkan peneliti melakukan pemetaan terhadap tindakan yang akan dilaksanakan.

3.1 Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Observasi

Pada tahap observasi peneliti mempelajari dan memahami model Okumura Hatta dan Walfisch Ikegami dari referensi makalah, jurnal, dan buku sehingga mendapatkan kriteria ideal. Tahapan pada observasi dibagi menjadi penentuan lokasi penelitian, data spesifikasi *Base Transceiver Station*, dan data *drive test*.

3.2.1 Penentuan Lokasi Penelitian

Kota Yogyakarta memiliki jumlah penduduk 417.000 jiwa dengan luas wilayah km². 96% mata pencaharian penduduk kota Yogyakarta berasal dari sektor non pertanian. Menurut SMSAI (*Standard Metropolitan Statistical Area*) USA – Canada, ciri ciri wilayah perkotaan[15] :

1. Penduduknya 50.000 jiwa atau gabungan 2 kota dengan total penduduk 50.000 jiwa.
2. Merupakan gabungan kota-kota kecil dengan masing-masing jumlah penduduknya kurang lebih 15.000 jiwa.
3. Menunjukkan hubungan antara aspek ekonomi dan sosial.
4. 75% penduduknya bekerja di sektor non pertanian.
5. Mayoritas penduduk bekerja di kota.
6. Kepadatan penduduknya 375 jiwa / hektar.
7. Heterogenitas dan pembedaan yang bersifat hirarki pada masyarakat.
8. Berdasarkan fungsi perkotaan minimum yaitu meliputi sebuah pasar, sebuah pusat administratif atau pemerintahan, sebuah pusat militer, sebuah pusat keagamaan, atau sebuah pusat aktivitas intelektual bersama dengan kelembagaan yang sama.

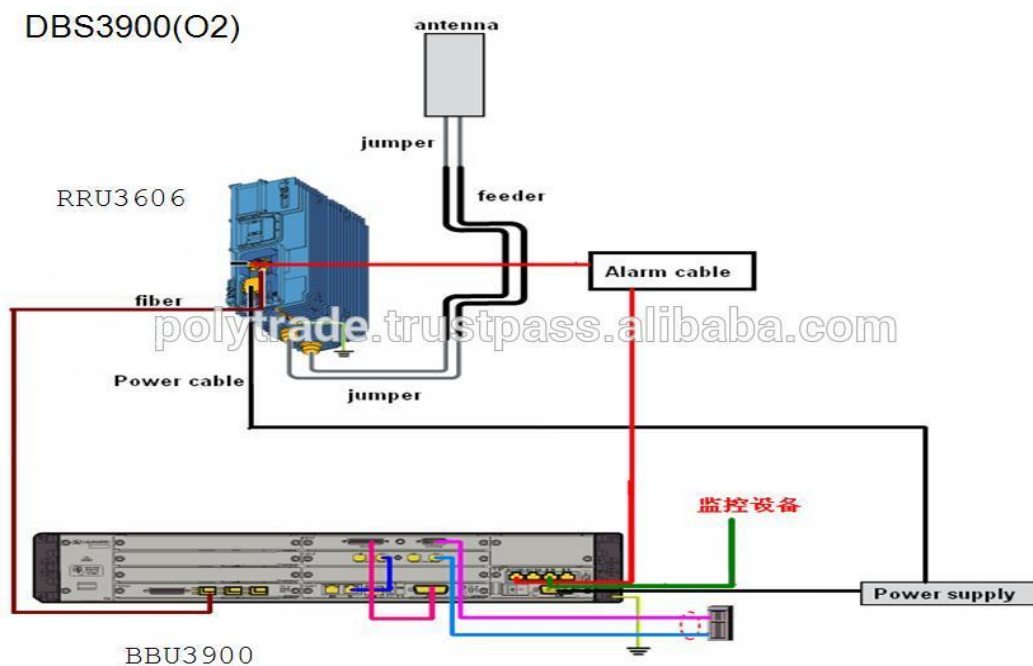
Standar menurut SMSAI diperkuat oleh UU No. 22 th. 1999 Tentang Otonomi Daerah dan Peraturan Mendagri RI No. 4 th. 1980 yang mengatakan kota adalah kawasan dengan penduduk bermata pencaharian utama bukan di sektor pertanian. Kota memiliki susunan fungsi kawasan sebagai tempat pelayanan jasa pemerintahan, pelayanan sosial dan kegiatan ekonomi. Kota memiliki batasan secara administrasi wilayah seperti kotamadya dan kota administratif. Kota berarti suatu lingkungan kehidupan perkotaan dengan ciri geografis mempunyai agraris, misalnya ibukota kabupaten, ibukota kecamatan yang berfungsi sebagai pusat pertumbuhan [16].



Gambar 3. 2 Profil Wilayah Penelitian.

3.2.2 Data Spesifikasi *Base Transceiver Station*

Base Transceiver Station adalah infrastruktur dalam sistem telekomunikasi yang digunakan sebagai alat untuk mentransmisikan gelombang elektromagnetik. Perbedaan konfigurasi dan spesifikasi *Base Transceiver Station* pada perusahaan penyedia jasa layanan telekomunikasi mengharuskan untuk mempersempit wilayah infrastruktur dengan cara memilah data *Base Transceiver Station* yang digunakan.



Gambar 3. 3 Konfigurasi *Base Transceiver Station* [17].

3.2.3 Data Drive Test

Pengambilan data *drive test* menggunakan bantuan *software* Cell Info Netlite dan Google Map. Tata cara pengambilan data yaitu dengan menelusuri wilayah penelitian yang telah ditentukan pada tahap observasi penentuan wilayah penelitian.



Gambar 3. 4 Ilustrasi Drive Test.

3.3 Pengambilan dan Evaluasi Data

Pengambilan dan evaluasi data membahas mengenai pembagian parameter yang akan dievaluasi oleh peneliti. Berikut penjelasan pada masing masing tahap :

- Pengambilan data *Base Transceiver Station*.

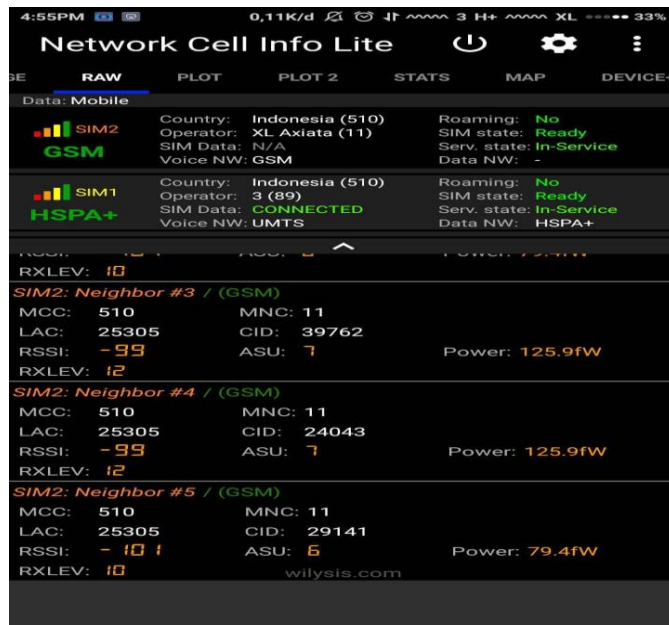
Pengambilan data *Base Transceiver Station* terdiri dari : data daya modul pada antena *Base Transceiver Station*, data Latitude dan Longitude *Base Transceiver Station*, jenis antena digunakan *Base Transceiver Station*, dan konfigurasi *Base Transceiver Station*.



Gambar 3. 5 Pengambilan Data *Base Transceiver Station*.

- Pengambilan data *drive test*.

Pengambilan data RSRP terdiri dari : data Latitude dan Longitude pengguna, lebar jalan, tinggi pengguna, dan nilai RSRP pada posisi pengguna berada.



Gambar 3. 6 Pengambilan Data RSRP.

c. Evaluasi data

Pada tahap ini dilakukan evaluasi dengan cara mendatangi beberapa *Base Transceiver Station* untuk mencocokkan kebenaran data. Evaluasi data dilakukan untuk mengurangi kesalahan nilai parameter metode Okumura Hatta dan Walfisch Ikegami.

3.4 Perhitungan

Pada tahap dilakukan perhitungan untuk mendapatkan kriteria model Okumura Hatta dan Walfisch Ikegami. Setelah kriteria didapatkan selanjutnya perhitungan *pathloss* berdasarkan model Okumura Hatta dan Walfisch Ikegami. Perolehan nilai *pathloss* dibandingkan dengan nilai *pathloss* aktual sehingga diperoleh nilai galat dari masing- masing metode. Nilai dari hasil perhitungan dianalisis untuk meminimalisir kesalahan dalam perhitungan. Parameter MAPE, RMSE, dan MAD digunakan sebagai parameter untuk mengukur perbandingan dari model Okumura Hatta dan Walfisch Ikegami.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas mengenai pengambilan data dan perhitungan. Pengambilan data dibagi menjadi parameter pengguna dan parameter *Base Transceiver Station* sedangkan untuk perhitungan dibagi menjadi 4 bagian, yaitu :

1. Model Walfisch Ikegami.
2. Model Okumura Hatta.
3. *Pathloss* pengukuran.
4. Perhitungan galat.

Pada tahap pengambilan data terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi nilai data, terutama pada saat pengambilan data daya pancar antena. Masukan daya ke *RRU* tidak stabil adalah hal yang berpengaruh terhadap nilai *RSRP* ketika melakukan pengambilan data pengguna dengan metode *drive test*. Selain daya pancar, pengambilan data jarak bangunan dan tinggi bangunan menjadi kendala. Karena pada model Walfisch Ikegami membutuhkan parameter tinggi bangunan dan jarak bangunan. Bentuk tidak seagam dari kontur wilayah dan arsitektur bangunan membuat nilai parameter tinggi bangunan dan jarak bangunan sulit ditentukan.

4.1 Parameter Pengguna

Berdasarkan ketentuan parameter pada tahap observasi, metode *drive test* dipilih sebagai cara untuk memperoleh nilai masing–masing parameter. Sebelum melaksanakan pengumpulan data dengan metode *drive test*, jenis dan spesifikasi alat didokumentasikan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perangkat terhadap nilai data perolehan dengan menggunakan metode *drive test*. Berikut spesifikasi perangkat :

1. *Handphone* Xiaomi Mi4c.

Perangkat *handphone* digunakan sebagai alat untuk menerima sinyal pancaran oleh antena radio frekuensi milik PT.H3I. berdasarkan *datasheet* perangkat, Xiaomi Mi4c memiliki nilai penguatan antena sebesar 1.35 dBi.

2. *Software* Network Cell Infolite.

Software Network Cell Infolite untuk menampilkan parameter *Base Transceiver Station* yang diterima oleh perangkat *handphone*. Selain menampilkan parameter yang diterima oleh perangkat *handphone*, *software* dapat menampilkan koordinat perangkat yang digunakan.

Semakin teliti tata cara pengambilan data semakin kecil kesalahan perhitungan, terutama kesalahan pada saat melakukan pengambilan data. Berikut data yang diperoleh melalui metode *drive test*[14]:

Tabel 4.1 Parameter Pengguna.

No	Longitude <i>User</i>	Latitude <i>User</i>	RSRP (dBm)	PCI	eNB	Tinggi <i>User</i> (Meter)	Frekuensi <i>Uplink</i> MHZ	Frekuensi <i>Downlink</i> MHZ
1	110.3738662	-7.763965	-94	325	112177	1.5	1.832.5	1.737,5
2	110.3679256	-7.7750393	-76	2	112282	1.5	1.832.5	1.737,5
3	110.3676125	-7.7784557	-80	101	112017	1.5	1.832.5	1.737,5
4	110.3674203	-7.7800942	-87	235	112088	1.5	1.832.5	1.737,5
5	110.367166	-7.782956	-65	234	112088	1.5	1.832.5	1.737,5

4.2 Parameter *Base Transceiver Station*

Penentuan parameter *Base Transceiver Station* menggunakan parameter eNB dan PCI yang diperoleh dengan metode *drive test*. Nilai parameter eNB dan PCI yang diperoleh digunakan untuk memetakan letak dan spesifikasi *Base Transceiver Station* milik PT. H3I. Berikut perolehan tabel parameter *Base Transceiver Station* :

Tabel 4.2 Parameter *Base Transceiver Station*.

No	Longitude BTS	Latitude BTS	Tinggi Antena (Meter)	Gain Antena (dBi)
1	110.37338	-7.75556	35	19
2	110.3689167	-7.76683333	19	20,6
3	110.3704691	-7.77291531	34	20,6
4	110.3672778	-7.78261111	16	20,2
5	110.3672778	-7.78261111	16	20,6

4.3 Model Okumura Hatta

Berdasarkan definisi parameter model Okumura Hatta, untuk memperoleh parameter model Okumura Hatta dilakukan perhitungan dengan menggabungkan parameter *Base Transceiver Station* dan parameter pengguna. Nilai *pathloss* model Okumura Hatta diperoleh dengan memasukan nilai parameter hasil perhitungan penggabungan parameter *Base Transceiver*

Station dan parameter pengguna kedalam persamaan 2.3 dan 2.4. Hasil perhitungan tercantum pada tabel 4.3 dan 4.4.

Tabel 4.3 Parameter Okumura Hatta.

No	Frekuensi <i>Uplink</i> MHZ	Frekuensi <i>Downlink</i> MHZ	Tinggi Antena Setelah Dijumlah Dengan Selisih Elevasi (Meter)	Jarak <i>User</i> ke BTS (Meter)
1	1.832,5	1.737,5	44	932
2	1.832,5	1.737,5	25	914
3	1.832,5	1.737,5	37	689
4	1.832,5	1.737,5	14	279
5	1.832,5	1.737,5	16	40,4

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan *Pathloss*.

No	<i>Pathloss</i> Okumura Hatta <i>downlink</i> (dB)	<i>Pathloss</i> Okumura Hatta <i>uplink</i> (dB)
1	161,331	160,5494
2	161,6107	160,829
3	165,5569	164,7752273
4	176,856	176,0743
5	196,8875	193,455

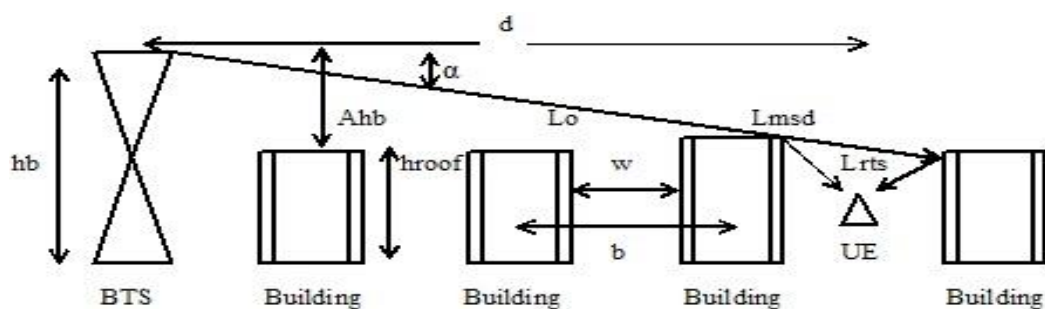
4.4 Model Walfisch Ikegami

Model Walfisch Ikegami memiliki parameter lebih rumit dibandingkan dengan Model Okumura Hatta. Sehingga dibutuhkan ketelitian pada saat melakukan validasi terhadap nilai parameter yang diperhitungkan kedalam model Walfisch Ikegami. Pada model Walfisch Ikegami parameter tinggi bangunan dan jarak bangunan menjadi permasalahan rumit. Hal ini disebabkan pengambilan parameter secara acak sehingga tidak mungkin untuk memperoleh data akurat untuk parameter tinggi bangunan dan jarak bangunan. Data jarak bangunan dan tinggi bangunan

diperoleh dengan menggunakan pendekatan secara arsitektural dan pengukuran dengan *software google map*. Nilai tinggi bangunan diperoleh dengan menghitung jarak antara lantai dengan langit - langit dan tinggi atap berdasarkan jenis atap. Menurut data arsitek, jarak ideal antara lantai dengan langit – langit adalah 4 meter dan tinggi atap dengan model desain segitiga adalah 2 meter. Berdasarkan asumsi data arsitek dapat disimpulkan bahwa tinggi bangunan minimal dengan jenis atap segitiga adalah 6 meter.

Tabel 4.5 Parameter Walfisch Ikegami.

No	Frekuensi <i>Downlink</i> (MHZ)	Frekuensi <i>Uplink</i> (MHZ)	Tinggi Antena Setelah Dijumlah Dengan Selisih Elevasi (Meter)	Tinggi User (Meter)	Jarak User Dengan BTS (Meter)	Lebar Jalan (Meter)	Jarak Bangunan (Meter)	Tinggi Bangunan (Meter)
1	1.832,5	1.737,5	44	1,5	932	8,5	6	10,5
2	1.832,5	1.737,5	25	1,5	914	8,5	6	10,5
3	1.832,5	1.737,5	37	1,5	689	8,5	10	5
4	1.832,5	1.737,5	18	1,5	279	8,5	6	8
5	1.832,5	1.737,5	20	1,5	40,4	8,5	6	8,5

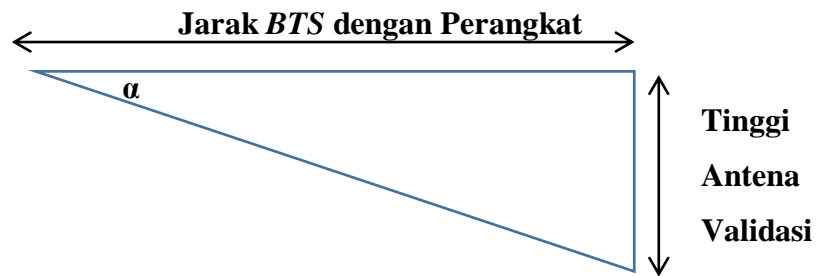


Gambar 4.1 Ilustrasi Model Walfisch Ikegami[18].

Berdasarkan persamaan 2.5, perhitungan model Walfisch Ikegami memiliki beberapa ketentuan. Berikut adalah ketentuan model Walfisch Ikegami :

1. Menentukan Persamaan Lori.

Persamaan Lori hanya didasarkan pada parameter Jarak BTS dengan Perangkat dan Tinggi Antena Validasi. Berikut ilustrasi perhitungan sudut datang antenna dan tabel hasil perhitungan sudut datang antenna :



Gambar 4.2 Ilustrasi Perhitungan Sudut Datang Gelombang.

Berdasarkan ilustrasi gambar 4.3, nilai α diperoleh dengan menggunakan persamaan 4.1. Berikut persamaan perhitungan untuk memperoleh nilai α :

$$\mathbf{\tan(\alpha) = \frac{\text{Tinggi Antena Validasi}}{\text{Jarak BTS dengan Perangkat}}} \quad (4.1)$$

Berikut tabel parameter dan hasil perhitungan nilai sudut datang gelombang :

Tabel 4.6 Sudut Datang Antena.

No	Tinggi Antena (Meter)	Tinggi Antena Validasi (Meter)	Jarak BTS dengan Perangkat (Meter)	Sudut Datang Antena (Derajat)
1	44	42,5	932	21,92941176
2	25	23,5	914	34,89361702
3	37	35,5	689	19,4084507
4	14	12,5	279	16,90909091
5	16	14,5	40,4	21,83783784

Berdasarkan perhitungan sudut datang antenna, dapat disimpulkan nilai sudut datang antenna kurang dari 35 derajat. Sehingga dapat disimpulkan persamaan Lori yang digunakan adalah persamaan 2.8.

2. Menentukan persamaan Ka, Kd, dan Lbsh.

Menentukan persamaan Ka, Kd, dan Lbsh didasarkan pada statistik perbandingan nilai tinggi bangunan dan tinggi antenna *Base Transceiver Station*. Berikut tabel perbandingan nilai tinggi bangunan dan tinggi antenna *Base Transceiver Station* :

Tabel 4.7 Perbandingan Ka, Kd, dan Lbsh.

No	Tinggi Bangunan (Meter)	Tinggi Antena (Meter)
1	10,5	35
2	10,5	19
3	5	34
4	8	16
5	8,5	16

Berdasarkan tabel 4.7 dapat disimpulkan bahwa nilai tinggi antenna *Base Transceiver Station* lebih besar dari nilai tinggi bangunan.

3. Menentukan persamaan Lp.

Persamaan Lp didasarkan pada penjumlahan nilai Lrts dan Lmsd. Berikut tabel perhitungan penjumlahan Lrts dan Lmsd :

Tabel 4.8 Menentukan Lp.

No	Lmsd (dB)	Lrts (dB)	Hasil Penjumlahan (dB)
1	8,846989	25,38512	34,23210531
2	8,694534	25,38512	34,07965041
3	3,362811	16,94715	20,3099578
4	-1,11362	22,50173	21,38810926
5	-16,1161	23,16006	7,043977012

Berdasarkan tabel hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa nilai hasil penjumlahan Lmsd dan Lrts lebih besar dari nilai 0.

Seluruh nilai parameter yang telah memenuhi ketentuan model Walfisch Ikegami diakumulasikan dan dihitung dengan persamaan 2.5 sehingga diperoleh nilai *pathloss*. Berikut tabel hasil perhitungan *pathloss* Walfisch Ikegami :

Tabel 4.9 *Pathloss* Walfisch Ikegami.

No	Tinggi Bangunan (meter)	Jarak Bangunan (meter)	<i>Pathloss Uplink</i> (dB)	<i>Pathloss Downlink</i> (dB)
1	6	10,5	130,6277281	131,3213032
2	6	10,5	130,3058789	130,999454
3	10	5	114,0816468	114,7752219
4	6	8	107,3074979	108,001073
5	6	8,5	76,17890888	76,87248398

4.5 *Pathloss* Pengukuran

Sesuai dengan undang-undang nomor 36 tahun 1999 tentang telekomunikasi dan peraturan pelaksanaannya, PT. H3I memiliki standar ketetapan penggunaan daya pancar perangkat yaitu 43 dBm. Rendahnya efisiensi perangkat milik PT. H3I mengakibatkan perubahan nilai daya pancar, hal ini mempengaruhi nilai daya yang diterima oleh pemancar penerima. Berikut adalah tabel hasil pengukuran daya pancar perangkat yang digunakan oleh PT. H3I :

Tabel 410 Data Daya Pancar.

No	Data Daya Pancar (dB)			
	1	42,3	42,3	45,7
2	40,2	40,2	44,9	40,4
3	41,8	41,8	45,5	41,7
4	44,5	44,4	46,8	44,5
5	45,2	45,2	47,2	45,3

Berdasarkan sampel data pada tabel 4.10 nilai terendah keluaran daya pancar *RRU* adalah 30 dBi dan Tertinggi 47,2 dBi.

Data parameter daya pancar pada tabel 4.10 dirata-ratakan sehingga diperoleh nilai 42,00101626 dBm. Nilai parameter 42,00101626 dijadikan sebagai acuan daya pancar antenna radio frekuensi. Berikut adalah tabel parameter perhitungan *pathloss* pengukuran :

Tabel 4.11 Perhitungan *Pathloss*.

No	RSRP (dB)	RSRP (dBm)	RRU Pengukuran <i>Power Output</i> (dB)	RRU Default <i>Power Output</i> (dB)	RRU Pengukuran <i>Power Output</i> (dbm)	RRU Default <i>Power Output</i> (dbm)	<i>Gain</i> Antena RF (dBi)	<i>Gain</i> Antena User (dBi)
1	-124	-94	72,00101626	73	42,00101626	43	19	1,35
2	-106	-76	72,00101626	73	42,00101626	43	20,6	1,35
3	-110	-80	72,00101626	73	42,00101626	43	20,6	1,35
4	-117	-87	72,00101626	73	42,00101626	43	20,2	1,35
5	-95	-65	72,00101626	73	42,00101626	43	20,6	1,35

Dengan menggunakan parameter pada tabel 4.11 diperoleh perhitungan nilai *pathloss* dengan 2 jenis pengukuran. Nilai *pathloss* diperoleh dengan menggunakan persamaan 4.22 sehingga diperoleh hasil pada tabel 4.9.

Pathloss(dB)

$$= (\text{Poweroutput(dB)} + \text{Gain Pemancar(dBi)}) - (\text{RSRP (dB)} + \text{Gain Antenna User(dBi)}) \quad (4.22)$$

Tabel 4.12 Perbandingan *Pathloss* Daya Pengukuran dan Daya Standar.

No	Pathloss Daya Standar (dB)	Pathloss Daya Pengukuran (dB)
1	214,65	213,6510163
2	198,25	197,2510163
3	202,25	201,2510163
4	208,85	207,8510163
5	187,25	186,2510163

Hasil dua jenis perhitungan bertujuan sebagai pembandingan antara standar yang ditetapkan dengan daya pancar pengukuran.

4.6 Perhitungan galat

1. Model Okumura Hatta.

Sortware Matlab sebagai alat bantu untuk mengitung nilai *pathloss* Okumura Hatta dan nilai *pathloss* pengukuran sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Galat Okumura Hatta.

No	Parameter	Model Okumura Hatta <i>downlink</i>	Model Okumura Hatta <i>uplink</i>
1	MAPE	12,140274 %	12,45969233 %
2	RMSE	28,66918599	29,30355515
3	MAD	24,83256934	25,47666972

Peneliti menggunakan nilai *downlink* dan *uplink* disebabkan peneliti tidak memperoleh informasi spesifik mengenai frekuensi yang digunakan pada saat melakukan pengukuran.

2. Model Walfisch Ikegami.

Pada model Walfisch Ikegami peneliti kesulitan dalam menentukan nilai aktual untuk parameter tinggi bangunan dan jarak bangunan, hal ini disebabkan kontur wilayah dan bentuk arsitektur bangunan tidak memiliki standar.

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Galat Walfisch Ikegami.

No	Parameter	Model Walfisch Ikegami <i>downlink</i>	Model Walfisch Ikegami <i>uplink</i>
1	MAPE	46,95861895 %	47,30792583 %
2	RMSE	94,03551033	94,72384008
3	MAD	93,31911594	94,01269105

Berdasarkan tabel 4.13 dan 4.14 nilai MAPE, RMSE, dan MAD model propagasi Okumura Hatta lebih kecil dibandingkan dengan model Walfisch Ikegami. Semakin kecil nilai dari parameter MAPE, RMSE, dan MAD maka semakin akurat sebuah metode.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini didapatkan beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Parameter MAPE, RMSE, dan MAD sebagai tolak ukur model Okumura Hatta dan Walfisch Ikegami.
2. Model Okumura Hatta memiliki MAPE *downlink* 12,140%, RMSE *downlink* 28,66, MAD *downlink* 24,33 sedangkan Model Walfisch Ikegami memiliki MAPE *downlink* 46,95%, RMSE *downlink* 94,03, MAD *downlink* 93,31.
3. Model Okumura Hatta memiliki MAPE *uplink* 12,45%, RMSE *uplink* 29,30, MAD *uplink* 25,47 sedangkan Model Walfisch Ikegami memiliki MAPE *uplink* 47,30%, RMSE *uplink* 94,72, MAD *uplink* 94,01.
4. Model Okumura Hatta lebih akurat dibandingkan dengan model Walfisch Ikegami.

5.2 Saran

1. Diharapkan ada penjelasan mengenai metode dalam menentukan parameter tinggi bangunan dan jarak bangunan lebih terperinci.
2. Diharapkan ada penjelasan pengaruh parameter jarak bangunan dan tinggi bangunan lebih mendalam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Joo and C. Sin, "GNSS Jamming Propagation Prediction Simulator Based on ITU-R P . 1546 Model," *Iccas*, pp. 1002–1004, 2016.
- [2] L. Korowajczuk, *LTE, WiMAX and WLAN Network Design, Optimization and Perform Analysis. IEEE*, 2012.
- [3] W. Ikegami, "Pada Komunikasi Seluler di Daerah Urban," *IEEE*, pp. 3–8, 1800.
- [4] N. D. M. Mahendra dan P. Ketut, "Analisis Parameter Jaringan HSDPA Kondisi Indoor dengan Teme Investigation dan G-Nettrack Pro," *Univ. Udayana*, 2016.
- [5] D. Arias and G. Rodriguez, "Performance of Advanced Metering Infrastructure Using Cellular Communication based on Uplink," *IEEE*, 2015.
- [6] H. K. Rath, S. Verma, A. Simha, and A. Karandikar, "Path Loss Model for Indian Terrain - Empirical Approach," *IEEE*, 2012.
- [7] N. Pramaita, "Base Stations using Harmony Search," *IEEE*, pp. 6–8, 2016.
- [8] W. Bhupuak, "Path loss Comparison in 850 MHz and 1800 MHz Frequency bands," *IEEE*, pp. 1–4, 2016.
- [9] C. S. Inc, "The Link Budget and Fade Margin," *Campbell Sci. Inc.*, 2016.
- [10] H. T. Corp, "Base Station Antenna Catalogue," *Huawei Tech*, pp. 4-5, 2012.
- [11] Z. Nadir, "Empirical Pathloss Characterization for Oman," *IEEE*, pp. 133–137, 2012.
- [12] S. Hutauruk, "Simulasi Model Empiris Okumura-Hatta dan Model COST 231 Walfisch-Ikegami untuk Rugi Saluran Pada Komunikasi Selular," *Univ. HKBP Nommensen Medan*, vol. 2011, no. Semantik, 2011.
- [13] Y. A. Alqudah, "On the Performance of Cost 231 Walfisch Ikegami Model in Deployed 3.5 GHz Network," *IEEE*, pp. 524–527, 2013.
- [14] D. Marlita, "Pengaruh pengawasan dan budaya kerja terhadap kinerja pegawai di kantor kecamatan bontang selatan," *IEEE*, vol. 2, pp. 3246–3258, 2014.
- [15] F. E. Mahmood, "Mobile radio propagation path loss simulation for two districts of different buildings structures in Mosul-city," *IEEE*, pp. 273–277, 2010.
- [16] R. faruq, "Kajian Peraturan Kementerian Pekerjaan Umum," *MENDAGRI*, 2008.

- [17] S. Sran, "3900 Series Base Station Configuration Principles," *Huawei Tech*, 2016.
- [18] R. A. Magfurlah, "Perancangan Jaringan 4G *Long Term Evolution* (LTE) 1800 MHz di Kota Mataram," *Tek. Elektro UII*, 2018.

LAMPIRAN