



ALGORITMA ESTIMASI AZIMUTH MACROCELL BERDASARKAN *DRIVE TEST* PADA JARINGAN LTE

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro pada
Program Studi Teknik Elektro



Oleh :

KEVIN MAYEKA RIVALDO

11555102890

**TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU**

2023

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan satu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN
ALGORITMA ESTIMASI AZIMUTH MACROCELL
BERDASARKAN DRIVE TEST
PADA JARINGAN LTE

TUGAS AKHIR

Oleh :

KEVIN MAYEKA RIVALDO
11555102890

Telah dipertahankan didepan Sidang Dewan Penguji
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada 20 Januari 2023

Pekanbaru, 20 Januari 2023

Mengesahkan,



Dekan
Dr. Drs. Hartono, B.A., M.Pd
NIP. 19640301 199203 1 003

Ketua Program Studi



Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T
NIP. 19721021 200604 2 001

DEWAN PENGUJI

Ketua : Prof. Dr. Teddy Purnamirza, S.T., M.Eng

Sekretaris 1: Hasdi Radiles, S.T., M.T

Sekretaris 2 : Sutoyo, ST., MT

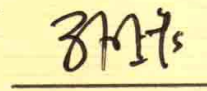
Anggota 1 : Rika Susanti, S.T., M.Eng

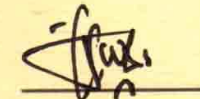
Anggota 2 : Mulyono, ST., MT













Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© HAK CIPTA UIN SUSKA RIAU

Kasim Riau

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : KEVIN MAYEKA RIVALDO
 NIM : 115551028 90
 Tempat/ Tgl. Lahir : Bokittinggi / 31-05-1996
 Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
 Prodi : TEKNIK ELEKTRO

Judul Thesis/Skripsi/Proposal/Karya Ilmiah lainnya*:
ALGORITMA ESTIMASI AEMUTH MACROCELL BERDASARKAN
DRUE TEST PADA JARINGAN LTE

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa :

1. Penulisan Thesis/Skripsi/Proposal/Karya Ilmiah lainnya * dengan judul sebagaimana tersebut di atas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.
2. Semua kutipan pada karya tulis saya ini sudah disebutkan sumbernya.
3. Oleh karena itu Thesis/Skripsi/Proposal/Karya Ilmiah lainnya , *saya ini, saya nyatakan bebas dari plagiat.
4. Apa bila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan Thesis/Skripsi/Proposal /(Karya Ilmiah lainnya)*saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundangan.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru, 31-05-2023
 ang membuat pernyataan

 KEVIN MAYEKA RIVALDO
 NIM : 11555 10 28 90

- pilih salah salah satu sesuai jenis karya tulis



LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

© Hak Cipta Milik UIN Suska Riau
 State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

- Hak Cipta Milik UIN Suska Riau
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 13 Januari 2023

Yang membuat pernyataan,

K EVIN MAYEKA RIVALDO

NIM. 11555102890

UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU

- Hak Cipta Milik UIN Suska Riau
- Hak Cipta Milik UIN Suska Riau
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



ini. Semoga keberhasilan ini menjadi satu langkah awal bagiku untuk meraih cita-cita besarku.

Lantunan Al-fatihah beriring Shalawat dalam silahku merintih, menadahkan doa dalam syukur yang tiada terkira, terima kasihku untukmu. Kupersembahkan sebuah karya kecil ini

untuk Bapak dan Omakku tercinta, yang tiada pernah hentinya

selama ini memberiku semangat, doa, dorongan, nasehat

dan kasih sayang serta pengorbanan yang tak tergantikan

hingga aku selalu kuat menjalani setiap

rintangan yang ada didepanku.

Ayahandaku...Ibundaku...terimalah bukti

kecil ini sebagai kado keseriusanku untuk

semua pengorbananmu. Demi hidupku kalian ikhlas

mengorbankan segala perasaan tanpa kenal lelah, dalam lapar berjuang separuh

nyawa hingga segalanya. Maafkan anakmu pak, Ibundaku. masih saja ananda menyusahkanmu.



**ALGORITMA ESTIMASI AZIMUTH MACROCELL
 BERDASARKAN DRIVE TEST
 PADA JARINGAN LTE**

**KEVIN MAYEKA RIVALDO
 11555102890**

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Pertumbuhan pembangunan jaringan seluler semakin cepat, hal ini membuat jumlah *site* yang dimiliki operator seluler semakin banyak. Hal ini menyebabkan batasan antar *cell* menjadi kabur sehingga terjadi *overlapping*. Solusi untuk mengatasi *overlapping* adalah dengan melakukan optimasi azimuth. Penelitian ini bertujuan melakukan optimasi *azimuth* dengan metoda estimasi algoritma *azimuth*, optimasi dilakukan dengan menggunakan data RSRP pada *drive test* menggunakan *software* G-nettrack pro dengan beberapa skenario terhadap *site*. Hasil dari penelitian ini masih kurang maksimal yang disebabkan G-Nettrack pro yang tidak bisa mengunci 1 *cell* dan hanya menerima data *best cell* pada saat *drive test*. Sehingga *error* yang dihasilkan cukup besar yaitu skenario A 28,84⁰, skenario B 15⁰ dan skenario C 6⁰

Kata Kunci : *Overlapping, Cell, Azimuth, RSRP, Drive test, G-Nettrack Pro.*



**AZIMUTH MACROCELL ESTIMATION ALGORITHM BASED ON DRIVE TEST
ON LTE NETWORK**

KEVIN MAYEKA RIVALDO

11555102890

Department of Electrical Engineering

Faculty of Science and Technology

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Soebrantas St. No. 155 Pekanbaru – Indonesia

ABSTRACT

The growth of cellular network development is getting faster, this makes the number of sites owned by cellular operators more and more. As a result, the boundaries between cells become blurred and cause overlapping. This study aims to perform azimuth optimization with the azimuth algorithm estimation method. This research was conducted using RSRP data on a drive test using the G-Nettrack pro software with several scenarios on the site. The results of this study are still not optimal because G-Nettrack Pro cannot lock 1 cell and only receives the best cell data during the drive test. So that the resulting error is quite large, namely scenario A 28,84⁰, scenario B 15⁰ and scenario C 6⁰.

Keywords : *Overlapping, Cell, Azimuth, RSRP, Drive test, G-Nettrack Pro.*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU

KATA PENGANTAR

Assalammu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillah rabbil 'alamin, segala puji dan syukur selalu tercurah kehadirat Allah Swt atas limpahan Rahmat, Nikmat, Ilmu, dan Karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat mengerjakan dan akhirnya menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“ALGORITMA ESTIMASI AZIMUTH MACROCELL BERDASARKAN DRIVE TEST PADA JARINGAN LTE”** sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana akademik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi. Shalawat beserta salam penulis hadiahkan kepada Nabi Muhammad Shalallahu‘Alaihi Wassalam yang merupakan suri tauladan bagi kita semua, semoga kita semua termasuk dalam umatnya yang kelak mendapat syafa’at dari beliau.

Banyak sekali yang telah penulis peroleh berupa ilmu pengetahuan dan pengalaman selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Elektro. Penulis berharap Tugas Akhir ini nantinya dapat berguna bagi semua pihak yang memerlukannya. Penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang setulusnya kepada pihak-pihak yang terkait berikut:

1. Teristimewa teruntuk kedua Orang tua saya yang telah mendo’akan dan memberikan dukungan, serta motivasi agar saya dapat tawakal dan sabar sehingga sukses memperoleh kelancaran dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan baik.
2. Bapak Prof. Dr. Khairunnas, M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Bapak Dr. Hartono, M.Pd, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Ibu Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T, selaku Ketua Prodi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
5. Bapak Sutoyo, ST., MT., selaku Sekretaris Prodi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

6. © Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

6. Bapak Ahmad Faizal, ST., MT., selaku koordinator Tugas Akhir Prodi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi yang selalu membantu memberikan inspirasi dan motivasi dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Bapak Mulyono, ST., MT, selaku pembimbing akademik (PA) yang selalu membantu, selalu mendukung serta selalu memberikan inspirasi, motivasi, dan kesabaran dalam memberikan arahan maupun kritikan yang membangun kepada saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Bapak Hasdi Radiles, ST., MT., dan Bapak Sutoyo, ST., MT., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir (TA) yang selalu memberikan inspirasi, motivasi, dan kesabaran dalam memberikan arahan maupun kritikan yang membangun kepada saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Prof. Teddy Purnamirza, S.T., M.Eng, selaku ketua sidang, ibuk Rika Susanti, ST., M.Eng, selaku Dosen Penguji I dan Bapak Mulyono, ST., M.T, selaku dosen penguji II yang telah banyak memberi masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini.
10. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Prodi Teknik Elektro yang telah memberikan bimbingan dan curahan ilmu kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Teruntuk bunda, dan ayah yang sudah membesarkan saya, untuk adik saya, marzondika ragil goizka dan fitriya hamoza, terimakasih bunda terimakasih ayah, dengan kekuatan doa bunda dan ayah akhirnya anak bunda dan ayah dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
12. Teruntuk mama dan ayah, untuk adik saya, kaila, karel dan karim. Terimakasih motivasi, dukungan, semangat dan doa yang telah diberikan sehingga akhirnya saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
13. Seluruh anggota keluarga saya yang telah memberikan semangat, ibuk, ma ica, mak dang, mak ngah, mamak, umi, uncu, da eko, kak ojha, kak deby, da caniago, da bandaro, razaq, cece, kim-kim, kenzi, arrayen, sehingga saya tidak patah semangat dan dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
14. Teruntuk keluarga angkat saya di pekanbaru taman karya pak will, ni yuke, apak, amak, payat, fauzan, farel, fathan, yang juga selalu memberi saya motivasi untuk terus menyelesaikan Tugas Akhir ini.
15. Seluruh teman yang saya banggakan dari Lokal D, Konsentrasi Telekomunikasi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



dan seluruh anggota Penjaskes 2015 Prodi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

16. Para Sahabat Seperjuangan (Brilian dirgayansa, Hafis Al Hady, M. Fadjri Rahman, Alvia Riski, Ade Akhir, Rahmat Sal fitrah, Rahmat Iqbal, Alif Zurhalan, Syarizal Makruf, Gilang Pradipta, Gilang Gusti Iranda, Ihsanul Mutaqin) dan rekan-rekan seperjuangan angkatan 2015. Serta Kakanda dan Adinda Mahasiswa Teknik Elektro UIN SUSKA RIAU yang selalu memberikan dukungan semangat dan motivasi selama penulis berkuliah di Teknik Elektro UIN SUSKA RIAU.
17. Teruntuk yang sangat spesial buat calon makmumku suatu hari nanti yang akan mendampingi hidupku selamanya, aku berharap kamu membaca tulisan ini. Karena kamulah senyuman kedua setelah ibuku. Dan pastinya kamu tersenyum membaca ini, walaupun sekarag kita belum pernah bertemu.
18. Semua pihak yang telah banyak membantu dan memberi motivasi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini mulai dari awal hingga selesai yang tidak mungkin disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuannya semoga ilmu yang diberikan kepada penulis dapat bermanfaat.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih banyak terdapat kekurangan serta kesalahan, untuk itu dengan segala kerendahan hati, penulis menerima segala saran serta kritik yang bersifat membangun, agar lebih baik dimasa yang akan datang.

Harapan penulis, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi penulis sendiri khususnya, serta memberikan manfaat yang luar biasa bagi pembaca dimasa mendatang.Aamiin.

Wassalamu 'alaikum warahmatullaahi wabarakaatuh

Pekanbaru, 13 Januari 2023

Kevin Mayeka Rivaldo
11555102890

DAFTAR ISI

| | |
|---|--------------|
| LEMBAR PERSETUJUAN | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| LEMBAR PERNYATAAN | v |
| LEMBAR PERSEMBAHAN | vi |
| ABSTRAK | viii |
| ABSTRACT | ix |
| KATA PENGANTAR | x |
| DAFTAR ISI | xiii |
| DAFTAR GAMBAR | xvi |
| DAFTAR TABEL | xviii |
| DAFTAR RUMUS | xix |
| DAFTAR SINGKATAN | xxi |
| BAB I | I-1 |
| PENDAHULUAN | I-1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | I-1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | I-3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | I-3 |
| 1.4 Batasan Penelitian..... | I-4 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | I-4 |
| BAB II | II-1 |
| LANDASAN TEORI | II-1 |
| 2.1 Algoritma Estimasi <i>Azimuth</i> Sebelumnya | II-1 |
| 2.1.1 Proses Inisialisasi | II-1 |
| 2.1.2 Proses perhitungan kasar | II-3 |
| 2.1.3 Proses perhitungan halus | II-3 |
| 2.2 Jaringan Selular | II-3 |
| 2.2.1 Jaringan LTE..... | II-5 |
| 2.2.2 Bentuk sel dan frekuensi reuse | II-6 |
| 2.2.3 Jenis sel berdasarkan ukuran..... | II-8 |
| 2.2.4 Jenis sel berdasarkan lingkungan..... | II-8 |
| 2.2.5 Klasifikasi tower | II-9 |
| 2.3 Teorama Resiprositas (<i>Reciprocity Theorem</i>) | II-12 |

1. Diizinkan mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 a. Penutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Penutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Diizinkan mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

| | | |
|-----------------------------------|---|--------------|
| 2.3.1 | Pola radiasi antena | II-12 |
| 2.3.2 | Dampak <i>Horizontal Gain</i> | II-14 |
| 2.3.3 | Dampak <i>Vertical Gain</i> | II-18 |
| 2.3.4 | Dampak Model pathloss | II-19 |
| 2.4 | Metode <i>Drive test</i> | II-20 |
| 2.4.1 | Peranan DT pada proses optimasi..... | II-20 |
| 2.4.2 | Aplikasi G-Net Track Pro | II-20 |
| 2.4.3 | Pelaksanaan DT | II-21 |
| 2.5 | Hipotesis: Usulan Algoritma | II-21 |
| BAB III | | III-1 |
| METODOLOGI PENELITIAN..... | | III-1 |
| 3.1 | Karakteristik Penelitian | III-1 |
| 3.1.1 | Sifat Penelitian | III-1 |
| 3.1.2 | Tahapan Penelitian..... | III-1 |
| 3.1.3 | Lokasi Penelitian..... | III-2 |
| 3.1.4 | Waktu Penelitian..... | III-3 |
| 3.2 | Variabel Penelitian | III-4 |
| 3.3 | Metoda Pengumpulan Data | III-5 |
| 3.3.1 | Data <i>Antenna Site</i> | III-5 |
| 3.3.2 | Data <i>Drive test</i> | III-6 |
| 3.4 | Metoda Analisis | III-7 |
| 3.4.1 | Skenario penelitian: | III-7 |
| 3.4.2 | Algoritma estimasi | III-8 |
| 3.5 | Metoda Penarikan kesimpulan..... | III-11 |
| BAB IV | | IV-1 |
| HASIL DAN PEMBAHASAN..... | | IV-1 |
| 4.1 | Inisialisasi <i>Azimuth</i> | IV-1 |
| 4.1.1 | Skenario A | IV-1 |
| 4.1.2 | Skenario B..... | IV-3 |
| 4.1.3 | Skenario C..... | IV-6 |
| 4.2 | Perhitungan <i>Coarse-Azimuth</i> | IV-8 |
| 4.2.1 | Analisis Skenario A | IV-8 |
| 4.2.2 | Analisis Skenario B | IV-11 |



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

| | | |
|--------------------|---------------------------|------------|
| 4.2.3 | Analisis Skenario C | IV-13 |
| 4.3 | Error | IV-16 |
| BAB V | | V-1 |
| 5.1 | Kesimpulan | V-1 |
| 5.2 | Saran | V-1 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Penutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Penutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Hal |
|---|-------|
| 2.1. Algoritma estimasi <i>azimuth</i> sebelumnya..... | II-1 |
| 2.2 Model <i>one</i> inisial | II-2 |
| 2.3 membesarkan <i>cone</i> menjadi 90^0 | II-2 |
| 2.4 <i>Site</i> dengan sekumpulan sel-sel yang terdistribusi pada setiap sektornya..... | II-4 |
| 2.5 Arsitektur jaringan selular | II-4 |
| 2.6 Model sel lingkaran | II-7 |
| 2.7 <i>frekuensi reuse</i> | II-8 |
| 2.8 <i>Rectangular Tower</i> dengan empat kaki..... | II-10 |
| 2.9 <i>Rectangular Tower</i> dengan tiga kaki (<i>Triangle</i>)..... | II-10 |
| 2.10 <i>Rooftop pole tower</i> | II-11 |
| 2.11 Teorama Resiprositas | II-12 |
| 2.12 visualisasi perhitungan decibel isotropic (dBi) | II-12 |
| 2.13 <i>Half Power Beamwidth -3db</i> | II-13 |
| 2.14 Posisi <i>user</i> dalam arah angin | II-14 |
| 2.15 Posisi <i>user</i> dan <i>site</i> tepat di posisi yang sama | II-15 |
| 2.16 Posisi <i>user</i> tepat di arah utara..... | II-15 |
| 2.17 Posisi <i>user</i> berada di arah timur laut | II-16 |
| 2.18 Posisi <i>user</i> berada di arah timur | II-16 |
| 2.19 Posisi <i>user</i> berada di arah tenggara | II-17 |
| 2.20 Posisi <i>user</i> berada di arah selatan | II-17 |
| 2.21 Posisi <i>user</i> berada di arah barat daya..... | II-18 |
| 2.22 Posisi <i>user</i> berada di arah barat | II-18 |
| 2.23 Posisi <i>user</i> berada di arah barat laut | II-19 |
| 2.24 <i>Gain Vertikal</i> | II-19 |
| 2.25 <i>Gain Net Track Pro</i> | II-21 |
| 3.1 Tahapan penelitian..... | III-2 |
| 3.2 lokasi penelitian pada daerah panam | III-2 |
| 3.3 Hubungan antar variabel dalam penelitian | III-4 |
| 3.4 Teknik trigonometri untuk pengukuran ketinggian antenna..... | III-5 |
| 3.5 Ilustrasi proses <i>drive test</i> pada skenario A | III-7 |
| 3.6 Ilustrasi proses <i>drive test</i> pada skenario B..... | III-7 |

| | | |
|------|---|--------|
| 3.7 | Ilustrasi proses <i>drive test</i> pada skenario C..... | III-8 |
| 3.8 | Model <i>cone</i> 3dB dengan rentang beamwidth 60 ⁰ | III-10 |
| 4.1 | Penentuan <i>azimuth</i> sementara skenario A | IV-1 |
| 4.2 | Pengukuran ulang 30 ⁰ dari kiri <i>azimuth</i> sementara skenario A | IV -2 |
| 4.3 | Pengukuran ulang 30 ⁰ dari kanan <i>azimuth</i> sementara skenario | IV-2 |
| 4.4 | posisi <i>site</i> skenario A..... | IV-2 |
| 4.5 | Penentuan <i>azimuth</i> sementara skenario B | IV-3 |
| 4.6 | Pengukuran ulang 30 ⁰ dari kiri <i>azimuth</i> sementara skenario B | IV-4 |
| 4.7 | Pengukuran ulang 30 ⁰ dari kanan <i>azimuth</i> sementara skenario B | IV-4 |
| 4.8 | posisi <i>site</i> skenario B | IV-5 |
| 4.9 | Penentuan <i>azimuth</i> sementara skenario C | IV-6 |
| 4.10 | Pengukuran ulang 30 ⁰ dari kiri <i>azimuth</i> sementara skenario C..... | IV-6 |
| 4.11 | Pengukuran ulang 30 ⁰ dari kanan <i>azimuth</i> sementara skenario C | IV-7 |
| 4.12 | posisi <i>site</i> skenario C | IV-7 |
| 4.13 | Rute dan hasil <i>drive test</i> pada skenario A | IV-9 |
| 4.14 | Data <i>drive test</i> normalisasi skenario A..... | IV-10 |
| 4.15 | Rute proses <i>drive test</i> pada skenario B..... | IV-11 |
| 4.16 | Data <i>drive test</i> normalisasi skenario B | IV-12 |
| 4.17 | Rute proses <i>drive test</i> pada skenario C..... | IV-13 |
| 4.18 | Data <i>drive test</i> normalisasi skenario C | IV-14 |
| 5.1 | <i>Error</i> di sebabkan pergantian cell | V-1 |



DAFTAR TABEL

| Tabel | Hal |
|---|--------|
| 1. nilai perbedaan long dan lat..... | II-22 |
| 2. waktu penelitian | III-3 |
| 3. pelaksanaan penelitian..... | III-3 |
| 3.1 Format penyajian data hasil DT | III-6 |
| 3.2 Analisa data awal | III-8 |
| 3.3 Tabel analisis putaran <i>cone</i> | III-10 |
| 4.1 koordinat antenna dan <i>site</i> pengukuran | IV-3 |
| 4.2 koordinat antenna dan <i>site</i> pengukuran (kartesian)..... | IV-3 |
| 4.3 koordinat antenna dan <i>site</i> pengukuran skenario B | IV-3 |
| 4.4 koordinat antenna dan <i>site</i> pengukuran (kartesian) Skenario B | IV-5 |
| 4.5 hasil inisialisasi <i>azimuth</i> skenario B..... | IV-5 |
| 4.6 koordinat antenna dan <i>site</i> pengukuran skenario C | IV-7 |
| 4.7 koordinat antenna dan <i>site</i> pengukuran (kartesian) skenario C..... | IV-8 |
| 4.8 Hasil inisialisasi <i>azimuth</i> skenario C | IV-8 |
| 4.9 <i>Azimuth</i> sementara setiap skenario | IV-8 |
| 4.10 Data <i>drive-test</i> skenario A..... | IV-9 |
| 4.11 Data <i>drive-test</i> skenario B | IV-11 |
| 4.12 Data <i>drive-test</i> skenario C | IV-14 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip, sebagian atau seluruhnya, atau membuat karya tulis berdasarkan seluruh atau sebagian isi buku ini tanpa menyebutkan sumber dan mengutipnya sesuai dengan standar keilmuan yang berlaku.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR RUMUS

| Rumus | Hal |
|-------|-------|
| 1.1 | II-12 |
| 1.2 | II-13 |
| 1.3 | II-13 |
| 1.4 | II-15 |
| 1.5 | II-15 |
| 1.6 | II-16 |
| 1.7 | II-16 |
| 1.5 | II-15 |
| 1.6 | II-16 |
| 1.7 | II-16 |
| 1.8 | II-17 |
| 1.9 | II-17 |
| 1.10 | II-18 |
| 1.11 | II-18 |
| 1.12 | II-19 |
| 1.13 | II-19 |
| 1.14 | II-20 |
| 1.15 | II-23 |
| 1.16 | II-23 |
| 1.17 | II-23 |
| 1.18 | II-23 |
| 1.19 | II-23 |
| 1.20 | II-24 |
| 1.21 | II-24 |
| 1.22 | II-24 |
| 1.23 | II-25 |
| 3.1 | III-8 |
| 3.2 | III-8 |
| 3.3 | III-9 |
| 3.4 | III-9 |
| 3.5 | III-9 |



© Hak cipta milik UIN Suska Riau

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

3.7 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



DAFTAR SINGKATAN

- AMPS : *Advanced Mobile Phone System*
- GSM : *Global System for Mobile network*
- IS-95 : *cdma one*
- WCDMA : *Wideband Code Division Multiple Access*
- HSDPA : *High-Speed Downlink Packet Access*
- HSPA : *High-Speed Packet Access*
- LTE : *Long Term Evolution*
- OFDMA : *Orthogonal Frequency Division Multiple Access*
- SON : *Self Optimizing Network*
- RSRP : *Reference Signal Received Power*
- BTS : *Base Tranciever Station*
- CN : *Core Network*
- E-UTRAN : *Envolved Universal Terrestrial Radio Access Network*
- SAE : *System Architecture Evolution*
- UE : *User Equipment*
- eNodeB : *envolved NodeB*
- S-GW : *Serving Gateway*
- GERAN : *Radio Access Network*
- MME : *Mobility Management Entity*
- PCRF : *Policy and Charging Rules Function*
- RSSI : *Received Signal Strength Indicator*
- SNR : *Signal to Noise Ratio*
- FSL : *Free Space Loss*
- RSCP : *Received Signal Code Power*
- RMSE : *Root Mean Square Error*
- MAE : *Mean Absolute Error*



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan pembangunan jaringan seluler dituntut untuk semakin cepat, seiring dengan singkatnya masa popularitas dari setiap generasi. Bermula dari semenjak diperkenalkannya generasi pertama di tahun 1984, yakni teknologi AMPS (*Advanced Mobile Phone System*), berbagai operator jaringan seluler telah mulai membangun jaringan distribusinya secara fisik. Akibat keterbatasan kapasitas, generasi kedua-pun muncul dengan teknologi GSM (*Global System for Mobile network*) dan IS'95 (*cdma one*) di awal tahun 1995. Selanjutnya di tahun 1999, teknologi ini mulai fokus pada teknik WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) sebagai teknologi akses 3G yang mendominasi layanan seluler, termasuk di Indonesia. *Upgrade* teknologi 3G ini kemudian berkembang mulai dari HSDPA, HSUPA, HSPA, hingga diperkenalkannya LTE (*Long Term Evolution*) sebagai teknologi akses 4G dengan metoda OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) di akhir tahun 2015 [1][2]. Saat ini, kedatangan teknologi 5G sudah sangat dinantikan dalam meningkatkan layanan seluler bagi seluruh penggunanya.

Jaringan distribusi seluler yang telah terbangun di lapangan saat ini merupakan akumulasi pembangunan yang telah dimulai oleh berbagai operator sejak tahun 1984. Meskipun teknologi berganti, tetapi jaringan distribusi fisik yang ada di lapangan tidak serta merta dibuang atau diganti. Hal inilah yang membuat jumlah *site-site* yang dimiliki operator seluler tidak pernah menyusut melainkan semakin banyak hingga dalam satuan jarak beberapa ratus meter saja. Dengan kata lain, kondisi ini memperlihatkan adanya evolusi *cell* dari *gigacell* dengan radius mencapai 10 km menjadi *macrocell* atau bahkan *femtocell* yang hanya memiliki radius kurang dari 100 meter. Sehingga batasan antar sel ini menjadi kabur (*overlapping*) ketika parameter radio setiap selnya tidak dijaga dan dioptimasi [3].

Salah satu parameter radio penting yang mendefinisikan suatu sel adalah *azimuth*. Parameter ini menggambarkan *area* layanan dengan mengarahkan radiasi antenna fokus hanya pada arah tertentu. Arah *azimuth* ini juga dapat dianggap sebagai pernyataan jelas terhadap *area* atau posisi *user* yang sedang dilayaninya. Jadi pemilihan *azimuth* dari suatu sel harus didasari atas potensi *user* yang tersebar dalam radius 360° di sekitar *site* tersebut.



Meskipun demikian, dominasi sel pada suatu *area* seharusnya tidak saling tumpang tindih (*overlapping*). Sementara itu, pertumbuhan sel di *area* sekitarnya pun terus berlanjut dan membuat proses optimasi terus berkelanjutan tanpa akhir. Inilah yang menjadi alasan timbulnya ide implementasi algoritma *Self Optimizing Network* (SON) dalam jaringan seluler.

Permasalahan muncul ketika *azimuth* yang direncanakan pada saat implementasi awal atau optimasi tidak terimplementasi sebagaimana mestinya. Hal ini disebabkan oleh situasi antenna yang terpasang berdekatan dengan berbagai bahan atau materi metal, dan kondisi ini sangat mengganggu kestabilan peralatan ukur *azimuth* itu sendiri seperti kompas. Selain itu, kompas juga sangat terganggu oleh keberadaan radiasi daya yang diinisialisasi oleh perangkat *macrowave* disekitarnya. Salah satu solusinya adalah dengan menggunakan metoda trigonometri dalam menghitung sudut *azimuth* dengan memanfaatkan garis semu antara koordinat sel (*site*) terhadap koordinat *user* yang sedang dilayaninya [4]. Tekniknya adalah dengan memanfaatkan informasi yang dimiliki oleh *user* (*mobile phone*) untuk kemudian dihubungkan dengan lokasi *site* yang sedang melayaninya, sehingga terbentuklah segitiga. Kondisi ini memungkinkan untuk menghitung sudut *azimuth* dari sel yang dimaksud.

Secara umum analisis algoritma ini bekerja dalam dua mode, yakni perhitungan kasar (*coarse calculation*) dan halus (*fine calculation*). Perhitungan kasar bertujuan untuk meminimalisasi sudut yang akan dianalisis lebih lanjut berdasarkan 60% keberadaan *user*. Perhitungan kasar ini dapat diganti dengan tebakan secara kasat mata atau nilai *azimuth* yang diinginkan. Sedangkan perhitungan halus dihasilkan berdasarkan pembobotan rata-rata penerimaan *Reference Signal Received Power* (RSRP) terhadap nilai maksimumnya. Artinya algoritma ini hanya memperhatikan hasil penerimaan tanpa memperkirakan kontribusi pathloss dan penguatan antenna, yang mana sebagai penyebab terbesar turunnya nilai RSRP itu sendiri. Hal ini terjadi karena algoritma ini tidak bekerja berdasarkan normalisasi penguatan dari antenna pada model *cone*, melainkan hanya batas sudut atas dan bawah saja. Sehingga penumpukan *user* pada satu titik dapat menyebabkan hasil estimasi sudut menjadi salah. Oleh karena itu, kehadiran *user* pada sel tersebut semestinya merepresentasikan kuat sinyal RSRP sebagai fungsi jarak dan pengarahannya.

Berdasarkan fakta tersebut, penelitian ini kemudian dirancang untuk memodifikasi algoritma [4], dengan melakukan normalisasi *pathloss* dan antenna *gain* terhadap posisi banyak *user*, yang diwakili secara *drive test*. Keputusan tentang *azimuth* tidak lagi



berdasarkan jumlah dominasi *user* (titik sampel), melainkan kecocokan visualisasi penerimaan RSRP yang ternormalisasi pada jarak referensi, yakni 1 km. Kondisi ini membutuhkan sel-sel yang dapat melayani dalam rentang jarak tersebut, seperti *macrocell*. Alasan pemilihan jenis sel ini adalah selain mudah mengenali *site* di lapangan, juga karena untuk memastikan kondisi *line of sight* selama kegiatan *drive test* pada rute yang ditentukan. Sehingga faktor-faktor lain yang tidak diinginkan (*obstacle*) dan mempengaruhi kondisi *shadowing* pada proses penerimaan, dapat dieleminasi. Selain itu, model *cone* yang sebelumnya hanya berupa sudut tanpa batasan, dalam penelitian ini perlu untuk memberikan batasan berdasarkan penurunan *gain* sebanyak 3dB. Dengan perubahan ini, diharapkan algoritma estimasi yang dibangun dapat menebak *azimuth* lebih akurat.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “**ALGORITMA ESTIMASI AZIMUTH MACROCELL BERDASARKAN DRIVE TEST PADA JARINGAN LTE**”.

1.2 Rumusan Masalah

Kebutuhan audit *azimuth* pada jaringan seluler 4G, harus dapat dilakukan secara efisien. Salah satu solusinya adalah dengan menggunakan algoritma estimasi *azimuth* ketika melakukan inspeksi di lapangan melalui kegiatan *drive test*. Algoritma estimasi sebelumnya, [4] memungkinkan salah penafsiran jika tujuannya adalah mengkonfirmasi *azimuth* terkini dari setiap selnya. Oleh karena itu dibutuhkan modifikasi teknik pengambilan keputusan dengan melakukan normalisasi sinyal penerimaan pada jarak yang seragam (1km). Selain itu *cone* perlu dimodifikasi dengan penurunan *gain* sebanyak 3dB. Sinyal penerimaan ini kemudian didistribusikan secara sistematis berdasarkan beberapa skenario rute yang mungkin dilalui berdasarkan kegiatan *drive test*. Dengan demikian, penelitian ini mengusulkan rumusan permasalahan sebagai berikut:

Bagaimanakah kinerja algoritma estimasi *azimuth Macrocell* berdasarkan *drive test* pada jaringan LTE dengan metoda normalisasi?

1.3 Tujuan Penelitian

Mengukur kinerja algoritma estimasi *azimuth Macrocell* berdasarkan *drive test* pada jaringan LTE dengan metoda normalisasi.

1.4 Batasan Penelitian

1. Antenna yang akan diinvestigasi adalah *site* yang bersifat *Macrocell* pada operator-x, dengan karakter tinggi antenna 20-50 meter, baik pada pemasangan *green field* tower ataupun *rooftop pole* dengan capaian *coverage* 1-3km.
2. Target *area drive test* adalah wilayah layanan yang memuat minimal 3 *site* dengan kondisi *sub-urban* di wilayah pekanbaru, yakni wilayah Panam.
3. Operator-x yang di maksud dalam penelitian adalah operator yang sangat dominan dalam penetrasi pasar seluler di wilayah panam.
4. Kegiatan *Drive test*, baik ketersediaannya peralatan dan pelaksanaannya disesuaikan dengan kondisi kemampuan penelitian.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Menguji kehandalan metoda *Drive test* dalam mengidentifikasi *Azimuth* antenna pada *site* seluler yang bersifat *Macrocell*.
2. Memahami bagaimana proses kegiatan *Drive test* dan analisis hasilnya dengan menggunakan aplikasi publik G-Net track Pro.
3. Menghasilkan data parameter radio untuk operator-x terkait informasi *Azimuth* pada wilayah layanan Panam, sebagai rekomendasi penelitian optimasi ataupun *Drive test* selanjutnya.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Di larang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

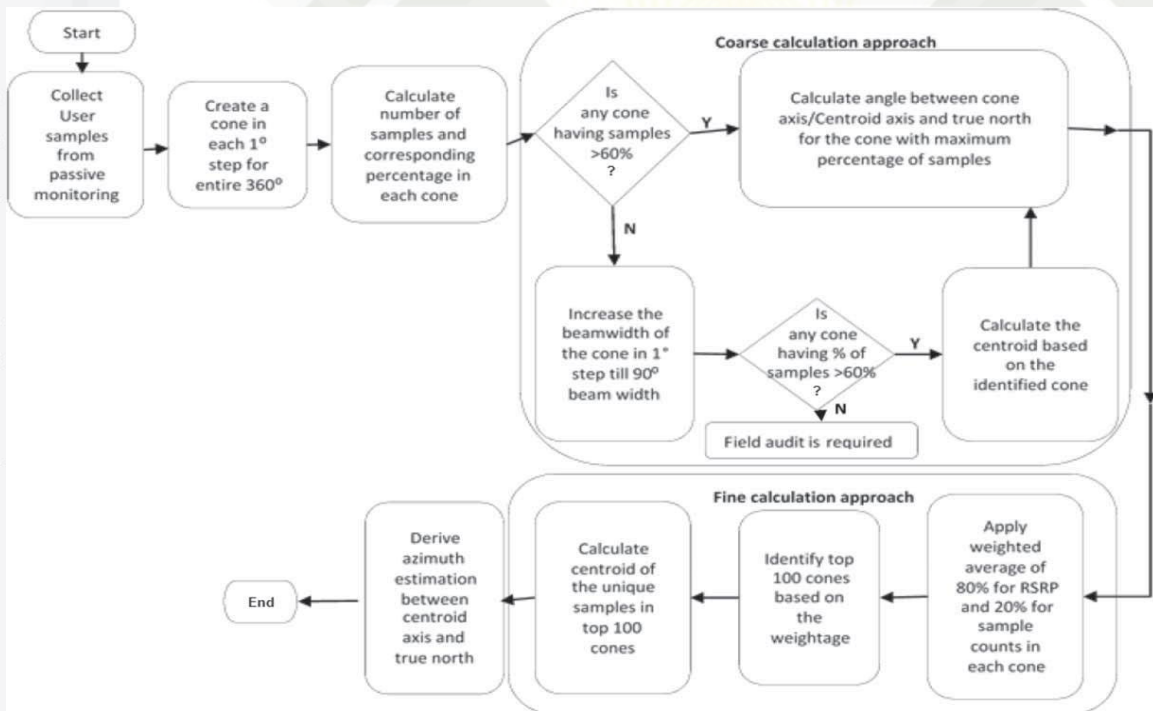
- a. Penutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Penutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Di larang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Algoritma Estimasi Azimuth Sebelumnya

Penelitian ini merujuk pada metoda algoritma estimasi *azimuth* sebelumnya, yang diusulkan oleh [4]. Metoda ini secara umum dapat dikelompokkan menjadi 3 tahapan besar, yakni proses inialisasi, proses perhitungan kasar (*coarse calculation approach*) dan proses perhitungan halus (*fine calculation approach*). Pada proses awal meliputi mekanisme pengambilan informasi dari *user* dan perhitungan persentasi keberadaan *user* pada setiap perputaran *cone azimuth*. Model pengambilan keputusan ini merujuk pada model *cone (referenced beamwidth)* yang digunakan untuk menghitung persentasi kehadiran *user* berdasarkan posisinya. *Flowchart* algoritma ini diberikan oleh gambar 2.1 berikut:

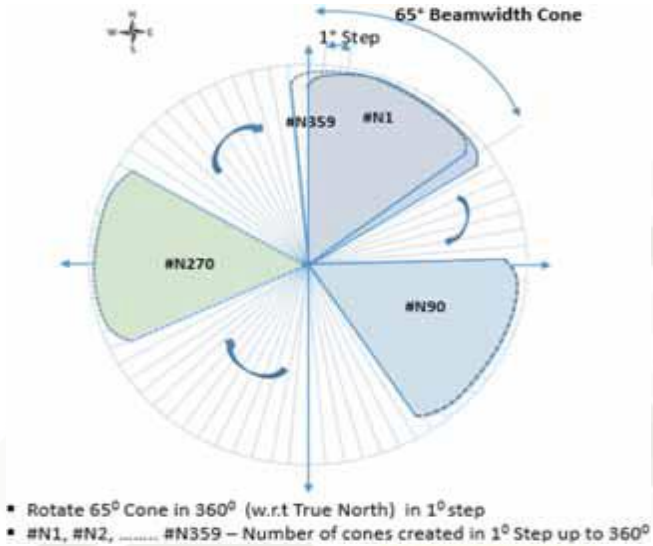


Gambar 2.1. Algoritma estimasi *azimuth* sebelumnya [4].

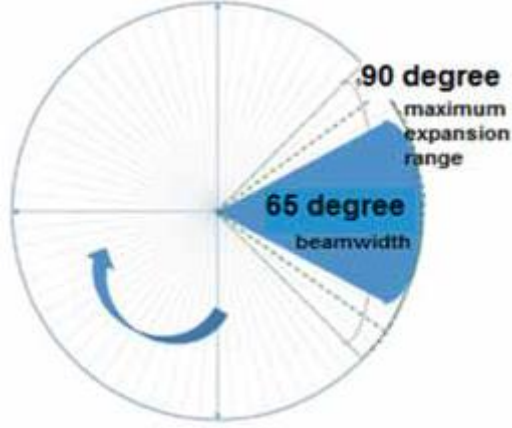
2.1.1 Proses Inialisasi

Proses pertama dari inialisasi adalah pengumpulan data dari *user*, dengan mengambil informasi posisi dari setiap *user* tersebut untuk dapat dipetakan secara visual

terhadap lokasi sel. Informasi terkait *user* berada dalam layanan sel yang dimaksud dapat dibaca dari informasi PCI (*Physical Cell Identity*). Proses selanjutnya adalah membuat model *cone* inisial berdasarkan beamwidth dari antenna dengan memutar *cone* sepanjang 360° dengan step per 1° . Proses ini dapat di lihat pada gambar 2.2 dibawah.



Gambar 2.2 Model *one* inisia I[4].



Gambar 2.3 membesarkan *cone* menjadi 90° [4]

Selanjutnya, jika terdapat putaran *cone* dengan bobot 60% dari total *sampel*, maka sudut putaran tersebut dianggap sebagai referensi awal *azimuth*. Jika tidak ditemukan *cone* yang memenuhi syarat, maka model referensi *cone* diperbesar sampai 90° . Setelah *cone* diperbesar 90° , lakukan kembali proses awal. Estimasi *azimuth* dilakukan berdasarkan hasil keputusan putaran sampai mendapatkan *cone* yang memenuhi syarat. Proses ini dapat di lihat pada gambar 2.3 diatas.



2.1.2 Proses perhitungan kasar

Proses perhitungan kasar pada penelitian sebelumnya merupakan ilustrasi berdasarkan data *maximum sampel* lapangan untuk menentukan estimasi *azimuth*. Jumlah data lapangan yang dikumpulkan melebihi 3000 *sampel* dan dikelompokkan sesuai dengan PCI yang sama dalam rentang sudut 360^0 . Dari semua jumlah data *maximum sampel* di lapangan hanya satu kerucut yang memuat 60% data *sampel*. Dengan didapatkan 60% data *sampel*, [4] dapat memperkirakan *azimuth* semetaranya.

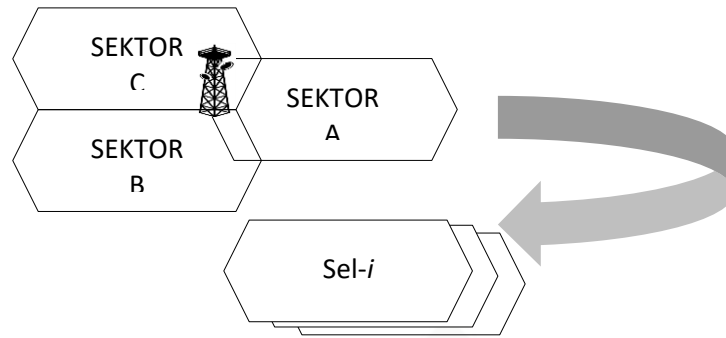
2.1.3 Proses perhitungan halus

Proses perhitungan halus berbeda dengan perhitungan kasar, estimasi *azimuth* ditentukan menggunakan nilai RSRP. Dibandingkan dengan proses perhitungan kasar, estimasi *azimuth* ditentukan dengan jumlah *sampel* nilai RSRP pada setiap derajatnya. Selanjutnya nilai dari rata-rata RSRP yang sudah dinormalisasikan dapat menghasilkan estimasi *azimuth* sementara. Estimasi *azimuth* ini ditentukan dengan melihat nilai rata-rata yang paling tinggi pada setiap kerucut dalam setiap derajatnya.

2.2 Jaringan Selular

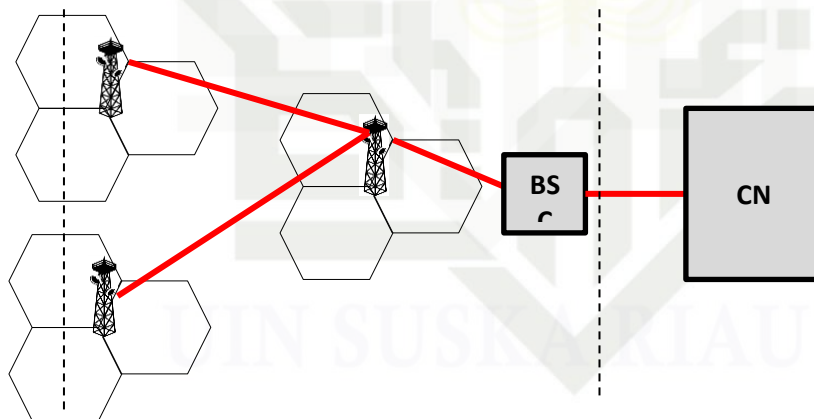
Jaringan seluler (*cellular network*) atau jaringan *mobile* (*mobile network*) merupakan jaringan komunikasi di mana media akses yang digunakan antara jaringan dengan *user* adalah *wireless*. Kelebihan media *wireless* di sini memungkinkan penggerakannya dapat bergerak leluasa baik dalam lingkup *area* cakupan (*cell coverage*) maupun perpindahan antar sel yang berdekatan (*handover*). Sehingga, suatu jaringan dapat disebut sebagai jaringan seluler jika *area* layanan yang diberikan dipecah-pecah dalam bentuk sel-sel.

Setiap sel atau bahkan beberapa sel yang identik secara geografis akan dilayani oleh suatu *site* yang disebut dengan *Base Transceiver Station* (BTS) melalui antenna-antenna radionya yang bersifat sektoral. Antenna sektoral inilah yang kemudian mendefinisikan sel berdasarkan frekuensi kerja yang bersifat unik, disebut sebagai dengan *frequency reuse*. Keunikan frekuensi kerja ini hanya berlaku pada sel-sel yang tergabung kedalam kategori *cluster* yang sama, dan kemudian akan berulang kembali penggunaannya pada *cluster* berikutnya. Penjelasan visual terkait hubungan antara *site*, sektor dan sel ini diperlihatkan oleh gambar 2.4.



Gambar 2.4 Site dengan sekumpulan sel-sel yang terdistribusi pada setiap sektornya.

Sementara itu, jaringan seluler juga didukung oleh jaringan distribusi dan jaringan inti (*Core Network*). Jaringan distribusi ini dapat berupa jaringan *microwave*, serat optik atau pun dengan perantara satelit. Fungsi utama dari jaringan tersebut adalah untuk menghubungkan BTS di *areanya* masing-masing menuju kepada jaringan CN. Jaringan-jaringan ini dikenal juga dengan istilah jaringan *Backhaul* ataupun *Backbone*, tergantung kepada kapasitas transmisi yang dimilikinya. Hubungan BTS hingga kepada rincian CN ini disebut dengan arsitektur jaringan, yang diperlihatkan oleh gambar 2.5.



Gambar 2.5 Arsitektur jaringan selular

Secara fisik pembatasan *area* layanan menjadi sel-sel yang lebih kecil ini merupakan pembatasan penerimaan kuat sinyal dengan level tertentu. Dalam beberapa literature [5], dikatakan bahwa suatu sinyal yang terdeteksi akan dianggap signifikan jika kuat sinyal penerimaannya melebihi -100 dBm. Maksudnya adalah, seluruh sinyal yang terdeteksi di suatu *area* layanan akan menjadi sinyal pengganggu (*interferer*) jika kuat sinyalnya melebihi level tersebut. Sehingga *area* layanan suatu sel pada suatu sektor dapat

didefinisikan berdasarkan batas kuat sinyal tersebut. Pada kenyataannya, sering kali dijumpai sektor dengan *area* cakupan yang melebihi perencanaan semula, sehingga optimasi radio perlu untuk dilakukan pada *site* tersebut.

Meskipun jaringan selular distandarisasi oleh teknologi yang sama, tetapi pada implementasinya, setiap operator memiliki ciri khas terhadap *site* yang dimilikinya. Umumnya ciri khas ini dapat dilihat berdasarkan jenis tower yang digunakan. Sebagai contoh operator Telkomsel memiliki beberapa ciri khas seperti, warna BTS yang merujuk pada hasil dari konferensi internasional yaitu warna merah yang berselang-seling dengan warna putih. Ciri-ciri fisik BTS lainnya dapat dilihat dari besi tiang konstruksi tower memakai besi siku, dengan pondasi empat tiang pada keadaan *greenfield*.

2.2.1 Jaringan LTE

Evolusi dari jaringan telekomunikasi saat ini semakin berkembang dengan sangat cepat. Dimulai dengan 1G atau *Advanced Mobile Phone Service* (AMPS) pada tahun 1984. Dengan keterbatasan yang dimiliki generasi pertama, generasi kedua hadir dengan teknologi 2G atau GSM (*Global System for Mobile network*) dan IS'95 (*cdma one*) di awal tahun 1995. Tidak menunggu lama, kebutuhan yang tinggi akan layanan jaringan telekomunikasi generasi ketiga muncul dengan teknologi WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) sebagai teknologi akses 3G yang mendominasi layanan seluler, termasuk di Indonesia. Teknologi 3G kemudian mengalami perkembangan yang dimulai dari HSDPA, HSUPA, HSPA, hingga diperkenalkannya LTE (*Long Term Evolution*) sebagai teknologi akses 4G dengan metoda OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) di akhir tahun 2015.

Arsitektur jaringan LTE dapat di bagi menjadi dua bagian, pertama adalah jaringan LTE itu sendiri atau bisa disebut dengan E-UTRAN (*Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network*) dan SAE (*System Architecture Evolution*) yang merupakan jantung dari sistem LTE. Pada bagian akses LTE memiliki dua elemen, yang pertama UE (*User Equipment*) dan eNodeB (*evolved NodeB*). UE merupakan perangkat yang di gunakan oleh pengguna jaringan seluler. Perangkat yang di gunakan seperti telepon genggam, komputer, tablet, maupun segala perangkat cerdas yang dapat terhubung dengan internet. Selanjutnya eNodeB merupakan teknologi yang berfungsi untuk menjadi penghubung antara UE dengan BTS dan sebagai kontrol sambungan *handover* [6].



Bagian kedua pada arsitektur LTE adalah bagian sentral. Elemen pertama dari bagian sentral adalah S-GW (*Serving Gateway*), tugas utama dari S-GW yaitu mengatur trafik data pada setiap UE. Fungsi dari S-WG merupakan penghubung LTE dengan teknologi 3GPP lainnya seperti GSM/EDGE, *Radio Access Network* (GERAN) dan UIMS. Selanjutnya elemen kedua dari bagian sentral yaitu P-WG (*Packet Data Network Gateway*), bertugas mengatur hubungan jaringan data antara UE dengan jaringan paket data lain diluar 3GPP seperti WLAN. Elemen ketiga pada bagian sentral adalah MME (*Mobility Management Entity*), merupakan pengatur utama setiap bagian dari LTE/SAE. Pada saat UE tidak aktif, MME bertugas untuk melacak keberadaan pelanggan dengan melakukan *tracking* dan *paging*. Saat UE aktif, MME berfungsi bertugas untuk memilihkan S-GW yang tepat selama berlangsungnya komunikasi. Bagian keempat PCRF (*Policy and Charging Rules Function*), berfungsi menentukan *Quality of Service* (QoS) dan charging untuk masing-masing UE. Selanjutnya bagian keempat HSS (*Home Subscriber Server*), berupa sistem data base yang bertugas membantu MME dan melakukan manajemen pelanggan dan pengamanan. Penerimaan atau penolakan UE pada saat autentikasi bergantung pada database HSS [7].

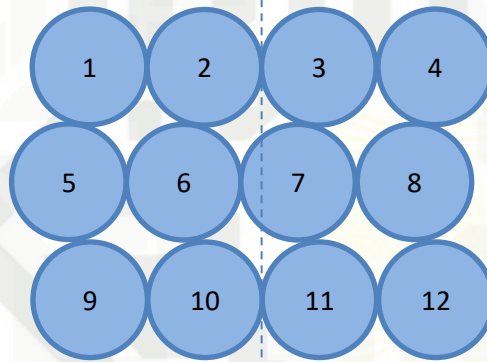
Parameter LTE merupakan alat ukur yang digunakan untuk menguji performa dari kapasitas jaringan yang tersedia. Beberapa parameter yang biasanya di jadikan tolak ukur pada jaringan LTE diantaranya RSSI (*Received Signal Strength Indicator*), RSRP (*Reference Signal Received Power*), dan SNR (*Signal to Noise Ratio*). Parameter RSSI adalah *power* sinyal yang di terima oleh *user* dalam rentang waktu frekuensi tertentu. Sinyal yang diterima masih terdapat *noise* dan interferensi. Sedangkan RSRP merupakan kuat sinyal yang diterima *user* pada frekuensi tertentu dalam satuan dBm. Semakin jauh jarak *user* dengan *site*, maka semakin kecil juga nilai dari RSRP yang diterima. Sedangkan SNR adalah merupakan rasio perbandingan antara sinyal utama yang dipancarkan dengan interferensi dan *noise* yang timbul (tercampur dengan sinyal utama) [8].

2.2.2 Bentuk sel dan frekuensi reuse

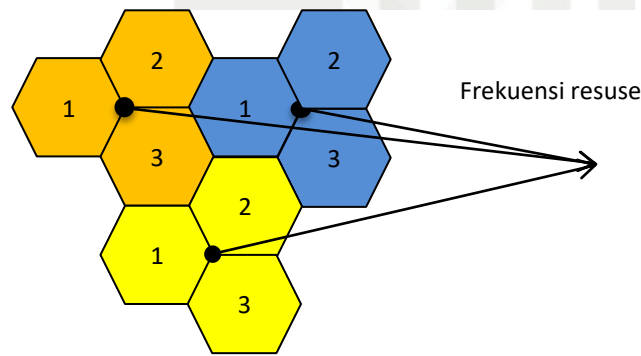
Area cakupan terkecil dalam teori seluler yang dilayani oleh satuan *channel* atau *carrier* disebut sebagai sel. Ketika trasmitter antenna fokus pada penguata *horizontal* (*directional antenna*), bisa jadi *site* tersebut memiliki sektor lebih untuk *area* pelayannya. Dengan mempunyai *area* lebih pada pelayannya, dapat disimpulkan sektor tersebut memiliki banyak sel. Sektor dengan kumpulan *site* dan *chanel* bisa di sebut sebagai *cluster*.

Banyaknya *area* pelayan pada satu *cluster*, membuat *channel* tersebut dapat digunakan kembali atau disebut sebagai frekuensi reuse.

Sedangkan ketika *transmitter* yang digunakan adalah antenna dengan pola radiasi merata atau *horizontal (omni-directional)*, proses pemetaan dan penggambarannya akan membentuk lingkaran (*circle model*). *Circle model* digunakan untuk mempermudah perencanaan. Dimana, titik pusat setiap lingkaran merupakan titik lokasi dari sebuah *transmitter*. Walaupun pada saat dilapangan tidak sepenuhnya sel membentuk sebuah lingkaran yang sempurna. Kenyataannya perencanaan *Circle model* sangat memudahkan proses penempatan sel dilapangan. Berikut contoh perencanaan sel sederhana menggunakan model sel lingkaran.



Gambar 2.6 Model sel lingkaran



Gambar 2.7 frekuensi reuse

Frequency Reuse merupakan penggunaan ulang sebuah frekuensi pada suatu sel, yaitu dengan menggunakan frekuensi sebelumnya pada satu atau beberapa sel lainnya. Agar tidak menyebabkan interferensi pada jaringan, jarak antara kedua sel ini harus diatur dengan benar. *Frekuensi reuse* sendiri di sebabkan karena keterbatasan *resource* pada



frekuensi yang dapat digunakan, sementara kebutuhan *coverage area* terus meningkat. Demi memenuhi kebutuhan *coverage area*, dibuatlah sel-sel baru dengan menggunakan frekuensi yang sudah dipakai oleh sel lain. *Frekuensi reuse* merupakan inti dari konsep jaringan seluler. Karena, walaupun jaringan seluler mampu mempunyai banyak kanal, tetapi satu kanal hanya bisa digunakan untuk sebuah sel, maka daya tampung dari setiap sel akan sama dengan jumlah kanal yang tersedia. Gambar 2.7 diatas menunjukkan pemetaan geographis penggunaan frekuensi pada beberapa sel, dimana digunakan mekanisme *frequency reuse* [9].

2.2.3 Jenis sel berdasarkan ukuran

Dalam telekomunikasi *macrocell* merupakan salah satu jenis sel terbesar. Dengan *area* cakupan yang cukup luas, yaitu dengan rentang 1-5km. *Area* cakupan yang besar, disertai daya transmisi *macrocell* sangat tinggi menjadi kelebihan utama pada sel ini. Tetapi pada daerah batas daya pancar *macrocell*, kekuatan sinyal yang diterima sangatlah rendah. *Microcell* merupakan pengembangan dari *macrocell*, dengan *area* yang lebih kecil yaitu kurang dari 1km. Kegunaannya adalah untuk menutupi ruang lingkup kecil yang tidak dapat di jangkau oleh *macrocell*.

Femtocell adalah *site* jaringan seluler yang lebih kecil dari *microcell*, berdaya rendah, dan berbiaya rendah. Biasanya dialokasikan di wilayah dalam ruangan, tapi jumlah *user* yang dapat dilayani terbatas. Jaringan inti terhubung melalui *gateway* keamanan yang menyediakan transmisi data dengan aman. *Femtocell* memiliki cakupan *area* yang sangat kecil yaitu 10-20m. Istilah lain dari *femtocell* adalah *Home Node Base Station* karena umumnya digunakan di wilayah *indoor*. Karena cakupan *area* femtocell sangat kecil, transmisi daya oleh femtocell sangat rendah tetapi kekuatan sinyal di bawah cakupannya cukup tinggi [10].

2.2.4 Jenis sel berdasarkan lingkungan

Dense Urban adalah wilayah dengan kepadatan penduduk yang sangat tinggi. Daerah ini merupakan pusat-pusat gedung perkantoran dan industri berkembang. Dengan rata-rata ketinggian gedung pada yang lebih dari 50M. *Cluster* ini merupakan yang paling padat di antara *cluster-cluster* lainnya. Dalam bidang telekomunikasi, tower *greenflid* akan lebih rendah dari pada bangunan sekitarnya. Kawasan *Urban* adalah wilayah dimana kepadatan penduduknya lebih rendah dari pada *dense urban*. Bangunan pada *area* urban

memiliki ketinggian sekitar 25-50M. Dimana kota menjadi pusat pemukiman dengan distribusi pelayanan jasa, pemerintahan, pelayanan sosial dan kegiatan ekonomi. Dengan spesifikasi jumlah penduduk di atas 1 juta orang, dimana tower *greenfield* menjadi *site* yang mudah di lihat pada *area* ini.

Sub Urban merupakan daerah dengan pusat pemukiman dengan tingkat halangan yang rendah. Dengan rata-rata bangunan ialah perumahan dengan 3 atau 4 lantai. Pinggiran kota merupakan salah satu contoh dari *area Sub Urban*. *Rural* meliputi daerah persawahan dan padang rumput, dengan beberapa *area* yang membentuk pemukiman yang disebut desa. Populasi penduduk yang cukup tidak padat membungakan bangunan pada *area Rural* cukup rendah. Jarangnya terdapat halangan dan mempunyai banyak *area* terbuka adalah ciri khas mencolok kawansan ini. Rata-rata kegiatan penduduk pada *area Rural* terdiri dari pertanian dan perternakan [11][12].

2.2.5 Klasifikasi tower

Tower BTS (*Base Tranciever Station*) merupakan insfrastruktur telekomunikasi yang berperan penting dalam telekomunikasi. Tugas dari tower BTS yaitu memfasilitasi komunikasi nirkabel antara peranti komunikasi dan jaringan operator. Dengan mengirimkan dan menerima sinyal radio ke perangkat komunikasi seperti telepon rumah, telepon seluler dan sejenis gadget lainnya. Beberapa jenis Tower BTS dapat dibedakan sesuai dengan beberapa klasifikasinya.



Gambar 2.8 *Rectangular Tower* dengan empat kaki [13].

Jika dilihat berdasarkan jenis lokasinya, tower BTS dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu *Rooftop* adalah tower yang berdiri diatas sebuah gedung. *Greenfield* tower

yang berdiri langsung di atas tanah. Sedangkan jika diklasifikasikan berdasarkan bentuk, tower dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu *Rectangular Tower* berbentuk segi empat dengan empat kaki. Tower dengan 4 kaki sangat jarang dijumpai roboh, karena memiliki kekuatan tiang pancang serta sudah dipertimbangkan konstruksinya. Tipe ini mahal biayanya (Rp. 650 juta hingga 1 milyar), namun kuat dan mampu menampung banyak antenna. Tipe tower ini banyak dipakai oleh perusahaan-perusahaan bisnis komunikasi dan informatika yang bonafid. (Indosat, Telkom, XI, dll).



Gambar 2.9 *Rectangular Tower* dengan tiga kaki (*Triangle*)[13].

Triangle Tower berbentuk segi tiga dengan tiga kaki. Tower Segitiga disarankan untuk memakai besi dengan diameter 2 cm ke atas. Beberapa kejadian robohnya tower jenis ini karena memakai besi dengan diameter di bawah 2 cm. Ketinggian maksimal tower jenis ini yang direkomendasi adalah 60 meter. Ketinggian rata-rata adalah 40 meter. *Pole Tower* berupa tiang pancang dengan satu kaki. Jenis tower yang berupa tiang pancang tunggal atau memiliki satu kaki saja dengan menggunakan profil pipa. Penempatan *monopole* biasanya langsung di atas tanah (*Greenfield*). *Monopole* biasanya memiliki ketinggian kurang dari 30 meter.

Fungsi dari tower telekomunikasi adalah untuk menempatkan antenna pemancar sinyal (jaringan akses) untuk memberikan layanan kepada pelanggan di sekitar tower tersebut. Selain itu, penggunaan tower telekomunikasi juga berfungsi untuk menempatkan antenna pemancar sinyal transmisi (jaringan transport dengan menggunakan teknologi

microwave) untuk menghubungkan pelanggan di daerah tersebut dengan sentral (BSC). Jadi bagian yang terpenting dari pembangunan tower adalah untuk penempatan antenna – antenna tersebut, dimana dibutuhkan ketinggian tertentu untuk dipenuhinya syarat memancar dan menerima sinyal [13](Irfandi, 2013).



Gambar 2.10 Rooftop pole tower [13].

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Penutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Penutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

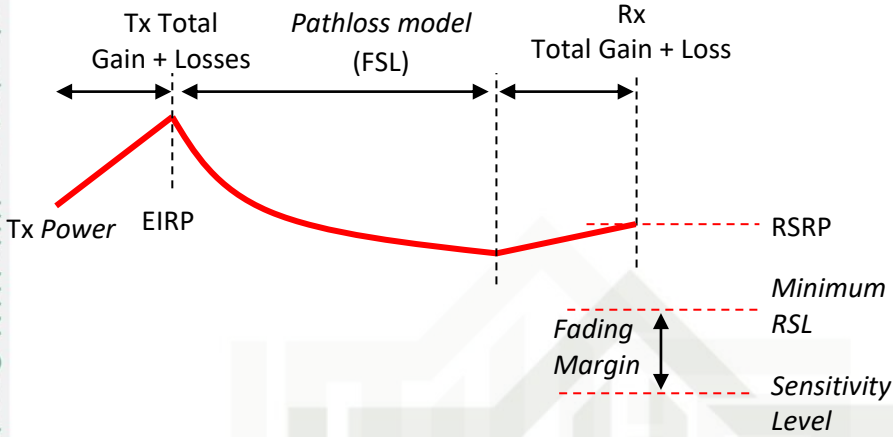
Hal Cipta Diindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU
UIN SUSKA RIAU

2.3 Teorema Resiprositas (*Reciprocity Theorem*)

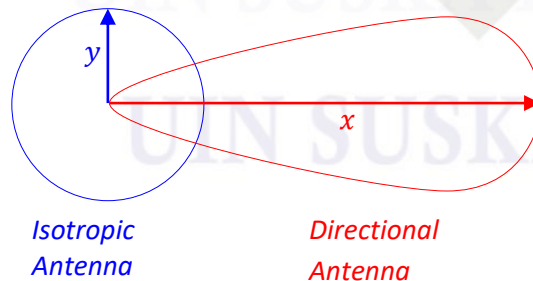


Gambar 2.11 Teorema Resiprositas

Free space Loss (FSL) merupakan redaman yang dihasilkan dari media transmisi saat mengirimkan sinyal seperti, ruang bebas. Dengan mengabaikan semua hal, semakin jauh jarak antara dua radio, maka semakin kecil penerimaan sinyal yang disebabkan oleh FSL. Hal ini tidak tergantung pada kondisi lingkungan, hanya tergantung pada jarak. Kerugian ini terjadi karena energi dari sinyal yang teradiasi menjadi menyebar sebagai akibat jarak dari pemancar [14]. Maka disaat sinyal radio berpropagasi akan mengalami redaman, besarnya redaman yang diterima dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$FSL_{dB} = -147.55 + 20 \log d_m + 20 \log f_{Hz} \quad (2.1)$$

2.3.1 Pola radiasi antenna



Gambar 2.12 visualisasi perhitungan *decibel isotropic (dBi)*

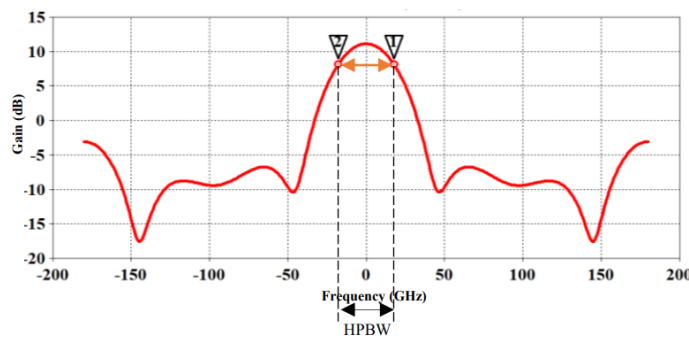
Penguatan atau *gain* radiasi yang dihasilkan oleh antenna dibentuk dari akumulasi penguatan pada bidang *horizontal* dan *vertical*. Penguatan masing-masing bidang ini

umumnya disajikan dalam rentang nilai -50dB hingga maksimum 0dB. Hasil penguatan kemudian merupakan akumulasi dari kedua bidang dan maksimum *gain* yang diberikan oleh antenna tersebut, secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$G(\varphi, \theta)_{dB} = G_{max,dB} + G(\varphi)_{dB} + G(\theta)_{dB} \quad (2.2)$$

Fungsi penguatan $G(\varphi)_{dB}$ merupakan penguatan yang diberikan secara *horizontal* atau yang sering disebut sebagai fungsi dari *azimuth* antenna. Fungsi $G(\theta)_{dB}$ adalah penguatan pada arah *vertical* yang sebagai fungsi dari *downtilting* suatu antenna. Sedangkan $G_{max,dB}$ adalah hasil penguatan maksimum dari suatu antenna pada titik tertentu, dimana untuk kebutuhan *site sub-urban* penguatannya berkisar antara 15-18 dBi. Nilai ini merupakan rasio perbandingan penguatan yang diberikan jika menggunakan antenna model ideal yang disebut dengan isotropic antenna [15].

$$dBi = 10 \log \left(\frac{x}{y} \right) \quad (2.3)$$

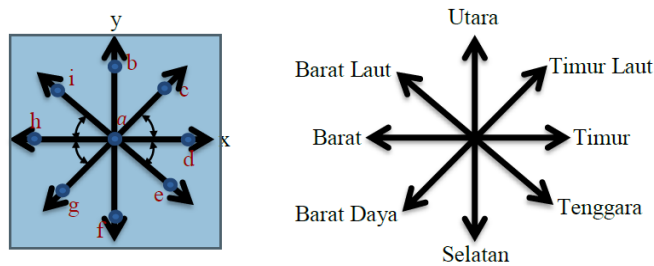


Gambar 2.13 Half Power Beamwidth -3db [16].

Bentuk radiasi directional antenna yang diperlihatkan oleh gambar 2.10 merupakan bentuk umum dari pola pancaran antenna. Secara rincinya, pola radiasi memperlihatkan beberapa parameter yang menjadi ciri khas atau karakteristik dari suatu pola pancar, seperti: Mayor lobe, minor lobe atau side lobe, back lobe, first null dan *beamwidth* 3dB *Half Power Beamwidth* (HPBW). Dapat dilihat dari gambar 2.11 HPBW atau *beamwidth* 3db merupakan sudut yang memisahkan nilai daya radiasi yang dipancarkan oleh antenna. Nilai dari HPBW adalah 50% dari daya puncak kekuatan sinyal yang dihasilkan [16].

2.3.2 Dampak *Horizontal Gain*

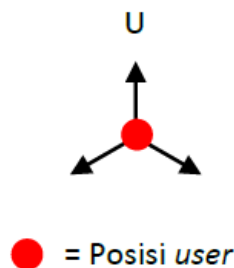
Hubungan *site* dengan *user* bisa terjadi pada berbagai posisi yang relatif terhadap *site* yang sedang melayaninya. Tetapi berbeda terhadap posisi relatif pada *user*, hal ini akan membuat penguatan yang berbeda-beda terjadi pada antena *transmitter*. Penguatan yang berbeda-beda ini terjadi karena pola radiasi yang dipancarkan oleh antena tersebut. Maka sangat diperlukan untuk menentukan posisi-posisi relatif tersebut dan menghitung penguatan antena *transmitter* dari *site* dalam bentuk algoritma [15]. Bentuk pemodelan arah dari propagasi sinyal *transmitter site* ke *user* dibuat dalam bentuk arah mata angin, seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.14.



Gambar 2.14 Posisi *user* dalam arah angin [15].

Menghitung penguatan antena *transmitter* dibutuhkan suatu algoritma yang bisa mendeteksi posisi *user* dan mendefinisikan *gain* antena tersebut. Dengan contoh posisi *user* relatif terhadap arah utara disimbolkan dengan ϕ , *azimuth* antena dari sektor ke-*i* yang melayani disimbolkan dengan γ dengan *gain horizontal* yang diberikan antena berada pada sudut θ . Jika posisi *user* pada *layout* dimodelkan dalam koordinat (x_a, y_a) dan posisi *site* dalam (x_b, y_b) , maka algoritma ini bisa disusun berdasarkan kemungkinan *user* sebagai berikut:

- a. Posisi pada satu titik yang sama antara *User* dan *site*.

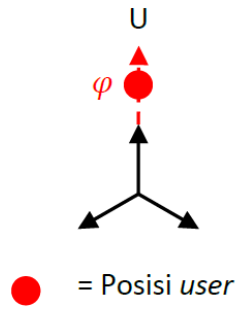


Gambar 2.15 Posisi *user* dan *site* tepat di posisi yang sama [15].

Maka *gain* di asumsikan maksimum untuk bidang *horizontalnya*, sehingga sudut:

$$\varphi = \gamma \tag{2.4}$$

b. Posisi *User* berada pada arah utara *relative* terhadap *site*.



Gambar 2.16 Posisi *user* tepat di arah utara [15].

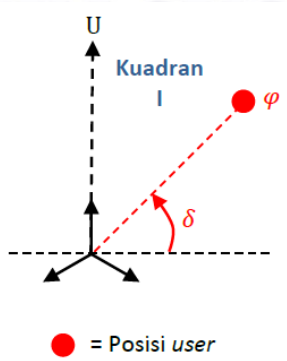
Dilihat dari gambar 2.16, terlihat koordinat sumbu-x *user* dan *site* adalah sama ($x_a = x_b$), sedangkan koordinat sumbu-y *user* dan *site* adalah ($y_a > y_b$). Kondisi ini membuat sudut φ berada pada arah utara *relative* terhadap *site*.

$$\varphi = 0^\circ \tag{2.5}$$

c. Posisi *User* berada pada arah timur laut *relative* terhadap *site*.

Dilihat dari gambar 2.17, terlihat koordinat sumbu-x *user* dan *site* adalah ($x_a > x_b$), sedangkan koordinat sumbu-y *user* dan *site* adalah ($y_a > y_b$). Kondisi ini membuat sudut φ berada pada arah timur laut atau termasuk kuadran I.

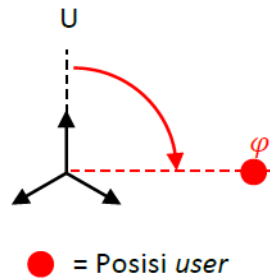
$$\varphi = 90^\circ - \delta \tag{2.6}$$



Gambar 2.17 Posisi *user* berada di arah timur laut [15].

- d. Posisi *User* tepat berada pada arah timur *relative* terhadap *site*.
 Dilihat dari gambar 2.18, terlihat koordinat sumbu-x *user* dan *site* adalah ($x_a > x_b$), sedangkan koordinat sumbu-y *user* dan *site* adalah sama ($y_a = y_b$). Kondisi ini membuat sudut φ berada pada arah timur, maka :

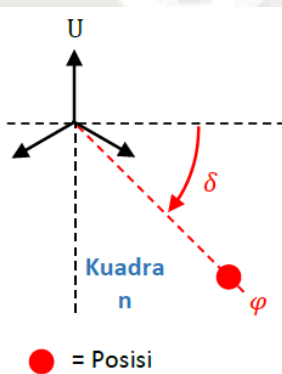
$$\varphi = 90^\circ \tag{2.7}$$



Gambar 2.18 Posisi *user* berada di arah timur [15].

- e. Posisi *User* berada pada arah tenggara *relative* terhadap *site*.
 Dilihat dari gambar 2.19, terlihat koordinat sumbu-x *user* dan *site* adalah ($x_a > x_b$), sedangkan koordinat sumbu-y *user* dan *site* adalah ($y_a < y_b$). Kondisi ini membuat sudut φ berada pada arah tenggara atau termasuk kuadran IV, maka :

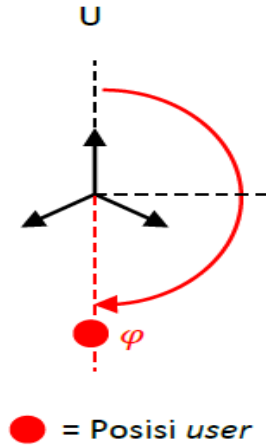
$$\varphi = 90^\circ + \delta \tag{2.8}$$



Gambar 2.19 Posisi *user* berada di arah tenggara [15].

- f. Posisi *User* berada tepat di arah selatan *relative* terhadap *site*.
 Dilihat dari gambar 2.20, terlihat koordinat sumbu-x *user* dan *site* adalah sama ($x_a = x_b$), sedangkan koordinat sumbu-y *user* dan *site* adalah ($y_a < y_b$). Kondisi ini membuat sudut φ berada pada arah selatan, maka :

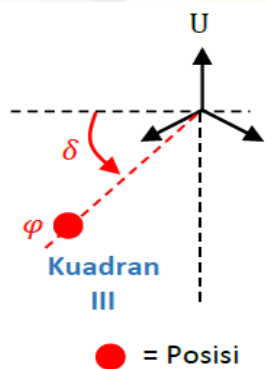
$$\varphi = 180^\circ \tag{2.9}$$



Gambar 2.20 Posisi *user* berada di arah selatan [15].

g. Posisi *User* berada pada arah barat daya *relative* terhadap *site*.
 Dilihat dari gambar 2.21, terlihat koordinat sumbu-x *user* dan *site* adalah ($x_a < x_b$), sedangkan koordinat sumbu-y *user* dan *site* adalah ($y_a < y_b$). Kondisi ini membuat sudut φ berada pada arah barat daya atau termasuk kuadran III, maka :

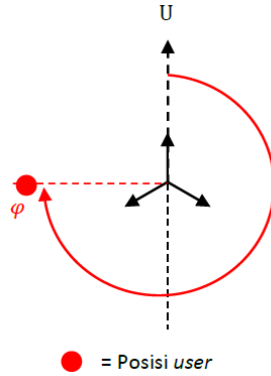
$$\varphi = 270^\circ - \delta \quad (2.10)$$



Gambar 2.21 Posisi *user* berada di arah barat daya [15].

h. Posisi *User* berada tepat di arah barat *relative* terhadap *site*.
 Dilihat dari gambar 2.22, terlihat koordinat sumbu-x *user* dan *site* adalah ($x_a < x_b$), sedangkan koordinat sumbu-y *user* dan *site* adalah sama ($y_a = y_b$). Kondisi ini membuat sudut φ berada pada arah barat, maka :

$$\varphi = 270^\circ \quad (2.11)$$

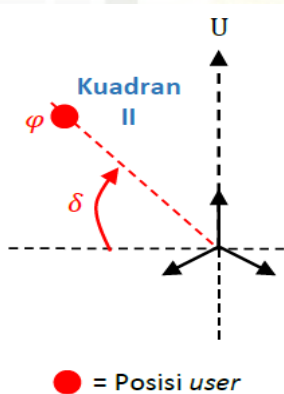


Gambar 2.22 Posisi *user* berada di arah barat [15].

User berada pada arah barat laut *relative* terhadap *site*.

Dilihat dari gambar 2.23, terlihat koordinat sumbu-x *user* dan *site* adalah ($x_a < x_b$), sedangkan koordinat sumbu-y *user* dan *site* adalah ($x_a > x_b$). Kondisi ini membuat sudut φ berada pada arah barat laut atau termasuk kuadran II, maka :

$$\varphi = 270^\circ + \delta \quad (2.12)$$

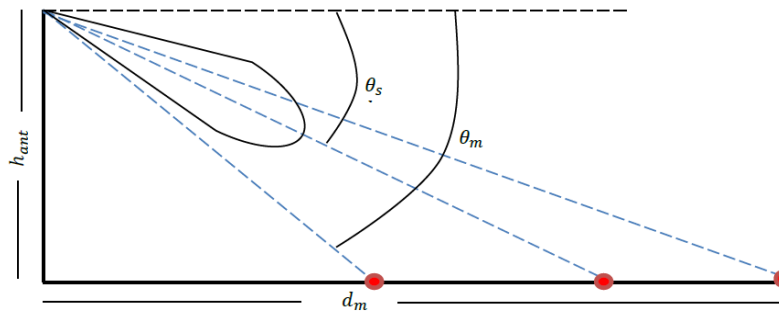


Gambar 2.23 Posisi *user* berada di arah barat laut [15].

2.3.3 Dampak Vertical Gain

Dalam menentukan nilai *gain* vertikal (β) perlu inputan parameter panjang x_a dan x_b , panjang y_a dan y_b , tinggi antenna (h_{ant}), dan sudut *site* (θ_s). Untuk nilai sudut *site* (θ_s) telah diketahui dengan 3 pilihan yaitu 0° , 120° , dan 240° [15]. Selanjutnya untuk menghitung sudut *mobile* (θ_m) dapat menggunakan rumus berikut:

$$\theta_m = \tan^{-1} \left(\frac{h_{ant}}{d_m} \right) \quad (2.13)$$



Gambar 2.24 Gain Vertikal [15].

Dimana,

- h_{ant} = Tinggi antena
- d_m = Jarak antena (m)
- θ_s = Sudut *site*
- θ_m = Sudut *mobile*

Namun untuk menyelesaikan rumus (2.13) perlu menghitung terlebih dahulu jarak *mobile* (θ_m), sebagai berikut:

$$d_m = \sqrt{(x_a + x_b)^2 + (y_a - y_b)^2} \tag{2.14}$$

Setelah nilai θ_m didapatkan maka ada 3 kemungkinan yang nantinya akan dipilih sesuai kemungkinan, berikut 3 kemungkinannya:

- a. Jika sudut *site* (θ_s) lebih kecil daripada sudut *mobile* (θ_m) maka dapat di hitung menggunakan rumus $\beta = 360 - (\theta_m - \theta_s)$.
- b. Jika sudut *site* (θ_s) lebih besar dari pada sudut *mobile* (θ_m) maka dapat di hitung menggunakan rumus $\beta = 360 - (\theta_s - \theta_m)$.
- c. Dan jika sudut *site* (θ_s) sama dengan sudut *mobile* (θ_m) maka dapat di hitung menggunakan rumus $\beta = 0$.

2.3.4 Dampak Model pathloss

Path Loss/loss adalah (melemah/hilangnya) kekuatan daya sinyal informasi yang dipancarkan oleh antena pengirim sinyal (*Tx*) menuju penerima (*Rx*) yang berlangsung selama data/sinyal melewati media udara dan terjadi selama proses transmisi sinyal berlangsung dari antena pengirim menjupenerima dalam jarak tertentu. Nilai pathloss menunjukkan level sinyal yang melemah akibat mengalami (*attenuation*) yang disebabkan

oleh propagasi ruang bebas/*outdoor (free space)* seperti pantulan/bayangan atau di kenal dengan *refleksi*, penguraian sinyal (*difraksi*) dan hamburan sinyal (*Scatering*).

Pathloss dapat timbul karena disebabkan oleh banyak faktor, seperti kontur tanah, lingkungan yang berbeda, medium propagasi (udara yang kering atau lembab), jarak antara antenna pemancar (T_x) dengan penerima (R_x). Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai level daya dan pathloss adalah jarak pengukuran antara (T_x) dan (R_x), tinggi antenna (T_x dan R_x), serta jenis *area* pengukuran yang digunakan [17].

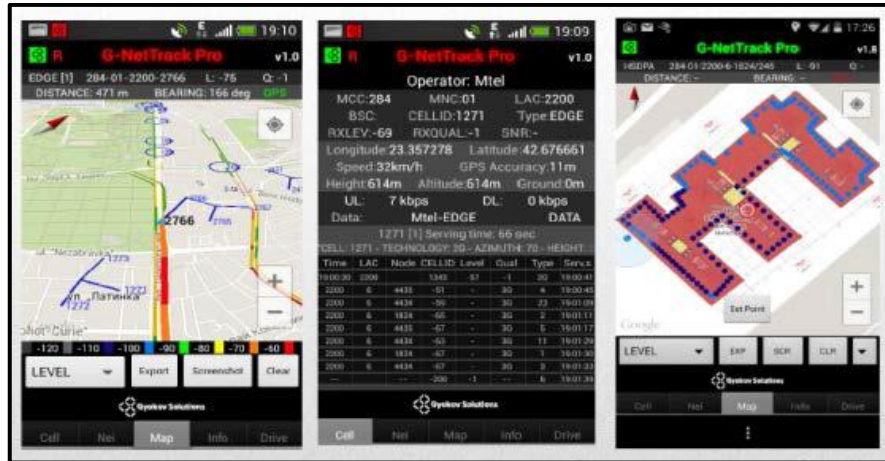
2.4 Metode Drive test

2.4.1 Peranan DT pada proses optimasi

Drive test dapat di definisikan sebagai suatu proses pengukuran atau pengumpulan data *real time* di bidang telekomunikasi selular. Data yang di dapat dari *Drive test* berupa kuat sinyal atau RSRP, tingkat kualitas sinyal yang diterima oleh *user* dalam satuan dB yaitu SINR (*Signal to Inteferece and Noise Ratio*), keseluruhan daya yang diterima oleh *user* dalam satuan dBm disebut juga RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) dan RSRQ (*Received Signal Reference Quality*) yang merupakan perbandingan antara RSRP dan RSSI. *Drive test* dapat dilakukan menggunakan perangkat *mobile* yang sudah terinstal oleh *software* khusus seperti G-Net Track Pro. Fungsi utama dari melakukan *Drive test* adalah untuk mendapatkan data dasar dalam melakukan optimasi di sebuah *site* atau *cell*. Dengan kata lain, *Drive test* adalah inti dari pelaksanaan optimasi pada bidang telekomunikasi [18].

2.4.2 Aplikasi G-Net Track Pro

G-Net Track Pro adalah aplikasi untuk memonitor jaringan dan *Drive test* pada perangkat yang beroperasi dengan system OS Android. Teknologi yang didukung pada aplikasi *G-Net Track Pro* adalah LTE, UMTS, GSM, CDMA, EVDO, HSDPA. Pengukuran juga bisa dilakukan pada lokasi *indoor* dan *outdoor*. Informasi parameter yang bisa didapatkan dengan menggunakan *software* G-nettrack adalah RSRP, RSRQ, SNR, RSSI [18]. Aplikasi G-Net Track Pro dapat dilihat pada Gambar berikut ini.



Gambar 2.25 G – Net Track Pro [18].

Parameter adalah entitas yang dapat membantu dalam menghubungkan atau mengelompokkan alur penelitian. Pengukuran kali ini dilakukan pada jaringan LTE, namun fokus penelitian tetuju pada RSRP (*Received Signal Code Power*). RSRP merupakan *power* dari kuat sinyal yang diterima pada satuan dBm. Pada teknologi 2G RSRP dapat dianalogikan dengan Rxlevel sedangkan pada teknologi 3G dapat disebut dengan RSCP (*Received Signal Code Power*) [8].

2.4.3 Pelaksanaan DT

Untuk melakukan *Drive test* peneliti membutuhkan beberapa persiapan seperti *Smartphone* yang sudah di instal G-Net Track Pro, Sim card yang sudah di pasang pada *smartphone*, Kendaraan bermotor, Laptop atau *notebook* untuk mengolah data *Drive test*. Setelah semua persiapan sudah lengkap, barulah kita bisa melaksanakan *Drive test*. Cara melakukan *Drive test* yaitu, bersiap-siap dengan peralatan yang telah disiapkan, melakukan *Drive test* dengan kendaraan bermotor, kegiatan ini dilakukan oleh dua orang, satu orang mengemudi kendaraan dan yang lainnya melakukan *Drive test* dengan *smartphone* yang sudah terinstal *software* G-Net Track Pro. Data *Drive test* diambil sesuai dengan rute yang sudah ditentukan di awal. Selanjutnya data yang di dapat akan di olah menggunakan laptop atau *notebook* sesuai dengan metoda analisa penelitian ini [8].

2.5 Hipotesis: Usulan Algoritma

Selama proses *drive test*, koordinat *user (handset)* yang direkam oleh aplikasi *drive test* seperti G-Net Track pro adalah koordinat geografis bumi. Koordinat ini bukanlah jenis sistem metric seperti kartesian, sehingga perlu untuk dilakukan konversi terlebih dahulu.

Menurut [15], perbedaan antara longitude dan latitude diberikan oleh tabel berikut ini:

Tabel 2.1 nilai perbedaan long dan lat

| Parameter | Nilai |
|-----------------------|-------------|
| Longitude per derajat | 111.3195 km |
| Latitude per derajat | 111.1329 km |

Dengan informasi pada tabel x di atas, maka kita dapat mengambil permisalan bahwa koordinat dari *site* yang sedang diamati sebagai titik koordinat (0,0). Sehingga untuk setiap pergerakan *drive test*, koordinatnya dapat dikonversi dengan mencari selisih longitude dan latitude dan mengkonversikannya dalam satuan meter atau kilometer. Sebagai contoh, suatu *site* berada pada koordinat geografis longitude 0.0001^0 dan latitude 0.0001^0 koordinat ini kemudian kita jadikan sebagai koordinat referensi pada sistem kartesian sebagai titik (0,0). Jika suatu sinyal terdeteksi pada koordinat longitude 0.0002^0 dan latitude 0.0003^0 , maka koordinat *sampel* ini dapat dituliskan sebagai:

$$x = (0.00020 - 0.00010) \times 111.3195 = 11.131 \text{ meter dan}$$

$$y = (0.00030 - 0.00010) \times 111.1329 = 22.226 \text{ meter}$$

yakni pada koordinat (11.131, 22.226). Perhitungan jarak antara *user* (x,y) dengan titik base station (0,0) dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$D = \sqrt{x^2 + y^2} \tag{2.15}$$

Perhitungan sudut:

$$D = \sqrt{x^2 + y^2} \tag{2.16}$$

Beberapa parameter kemudian didefinisikan sebelum tabel tersebut dapat disajikan, yakni: Koordinat kartesian dari setiap titik *sampel*, Norm RSRP, dan normalisasi konversi dari koordinat geografis menjadi kartesian dilakukan dengan menggunakan formula pada persamaan x. Normalisasi RSRP merupakan parameter penguatan sinyal hasil prediksi pada jarak 1km terhadap *site*. Proses ini dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$FSL_{dB} = -147.55 + 20 \log d_m + 20 \log f_{Hz} \quad (2.17)$$

Dengan proses normalisasi pada jarak 1Km dan frekuensi kerja misalnya 2GHz, maka persamaan di atas diubah menjadi:

$$FSL_{dB} = 38.47 + 20 \log d_m \text{ dB} \cong 98.47 \text{ dB} \quad (2.18)$$

Sebagaimana kita ketahui bahwa penerimaan sinyal dalam satuan numerik di setiap titik sampel dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$FSL = G_{tx} G_{rx} \frac{P_{tx}}{P_{rx} \times L_{tx}} \quad (2.19)$$

Jika diasumsikan loss pada *transmitter* dalam kisaran 2dB, *gain* pada *receiver* adalah 0 dB, maka tersisa 2 variabel yang belum diketahui nilainya, yakni *gain transmitter* dan daya transmit maksimum pada sel tersebut. Sehingga penerimaan daya seharusnya pada jarak 1000 meter dapat dituliskan sebagai berikut (*Cone*):

$$P_{rx,Cone} = G_{tx} + P_{tx} - FSL - 2dB = G_{tx,dB} + P_{tx,dB} - 100.45 \text{ dB} \quad (2.20)$$

Sedangkan hasil *drive test* yang memiliki jarak dan sudut penguatan antenna yang berbeda-beda dapat dinormalisasikan menjadi:

$$P_{rx, Norm} = P_{rx, dt} + 20 * \log \left(\frac{d'_m}{1000} \right) + (\Delta G_{tx, dB} + \Delta P_{tx, dB}) \quad (2.21)$$

Mengingat *power* transmit ini bernilai tetap sepanjang waktu, maka akan terjadi *error* dalam bentuk konstanta terhadap hasil kalkulasi prediksi daya penerimaan. Sedangkan variabel d'_m merupakan kompensasi perbedaan jarak yang sebenarnya terhadap 1000 meter normalisasi jarak yang dilakukan. Jika *error* konstanta pada daya pancar diabaikan, maka *gain* antenna menjadi satu-satunya variabel yang akan diuji dalam setiap



titik sampelnya. Jadi variasi *error* hanya disebabkan oleh *gain* antenna, sehingga persamaan di atas dapat dituliskan sebagai berikut:

$$P_{rx, Norm} = P_{rx, dt} + 20 * \log\left(\frac{d'_m}{1000}\right) + \epsilon \quad (2.22)$$

Dengan demikian, ketika dilakukan perhitungan selisih antara $P_{rx, Norm}$ dan $P_{rx, Cone}$ maka dihasilkan nilai *error* pada tahap putran *cone*. Jika nilai *error* ini semakin besar, maka semakin besar pula kemungkinan estimasi *azimuth*nya menjadi salah, akibat perbedaan antenna *gain* total yang diberikan.

Cone dari pola radiasi dapat dibentuk dengan menggunakan model sinus pada trigonometri. Sebagaimana diketahui bahwa penurunan nilai sinus menjadi ½ terjadi pada sudut 30° dan 150°. Fakta ini memperlihatkan bahwa dalam rentang 150 – 30 = 120° memiliki model *cone* yang diinginkan. Jika diinginkan dalam rentang *beam width* 60°, maka penurunan ini harus dikonversikan dalam -30° hingga +30°. Sedangkan definisi *beam width* adalah *cone* di mana daya terima turun menjadi ½ nya atau sebanding dengan 3dB. Sehingga jika sudut maksimum terjadi pada 0°, maka *cone* penerimaan daya dapat dituliskan dalam rentang -30° hingga +30° berdasarkan persamaan berikut:

$$P_{rx, \alpha} = 10 \log[\sin(90 + 2\alpha)], -30^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ \quad (2.23)$$

1. Diarahkan mengutip sebagian atau seluruh karya tulis, tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Diarahkan mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
 State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Karakteristik Penelitian

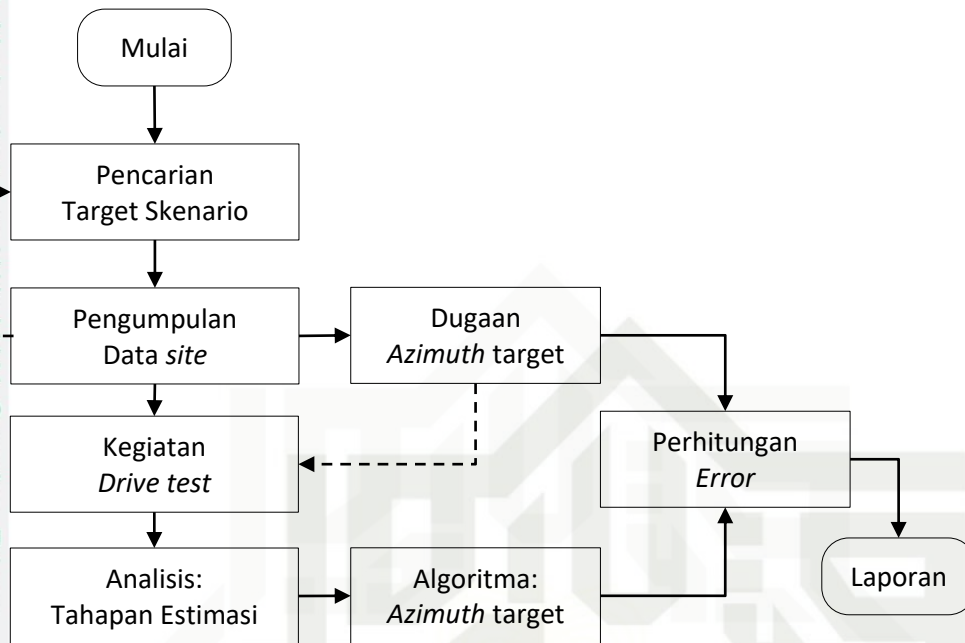
3.1.1 Sifat Penelitian

Penelitian ini merupakan kelanjutan atas algoritma estimasi *Azimuth* yang telah dilakukan oleh [4], yakni dengan memperhatikan fakta bahwa ketersediaan dan perbedaan kondisi setiap sampel. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan untuk melakukan normalisasi titik sampel tersebut sehingga memiliki kondisi jarak dan sudut *Azimuth* (*horizontal*) yang sama. Berdasarkan proses pengambilan titik sampelnya (pengumpulan data), maka penelitian ini dapat dikatakan sebagai penelitian lapangan (*field research*). Sedangkan analisisnya dilakukan secara matematis dengan bantuan komputer sehingga termasuk dalam kegiatan penelitian laboratorium (*lab research*). Jenis semua data yang digunakan dalam penelitian ini bersifat angka (*Quantitative*), yang disajikan dengan menggunakan beberapa metoda seperti: tabel, grafik dan visual. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkonfirmasi *error* yang terjadi antara keputusan algoritma terhadap dugaan awal dari *Azimuth* yang menjadi target penelitian.

3.1.2 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagaimana yang diperlihatkan oleh gambar 3.1 Tahapan ini dilakukan semenjak 1 maret 2022 dengan rencana durasi pengerjaan selama 10 minggu. Rincian kegiatan masing-masing tahapan akan dijelaskan dalam sub-bab berikutnya.

Flowchart dibawah merupakan rangkaian dalam proses yang dilakukan ketika melakukan penelitian dilapangan sampai dengan proses analisis matematis. Penelitian dimulai dengan pencarian target skenario pada situasi dan daerah yang sudah ditentukan. Setelah mendapatkan target skenario yang sesuai, langkah selanjutnya adalah mengumpulkan data pada *area site* tersebut. Beberapa data yang harus di dapatkan yaitu arah *azimuth* sementara. Setelah kedua kondisi tersebut tercapai, maka dilakukan kegiatan *drive test*. Hasil dari kegiatan *drive test* akan di analisis guna mendapatkan hasil tahapan estimasi yang menentukan *azimuth* pada *site* tersebut. Kemudian dilakukan penentuan *error*, dimana hasil ini akan menunjukkan arah dari *azimuth* pada penelitian ini.

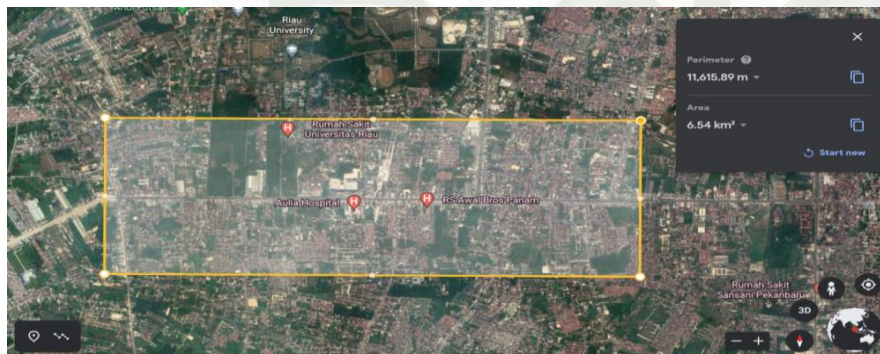


Gambar 3.1 Tahapan penelitian

3.1.3 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada daerah panam yang merupakan *area sub-urban*.

Lokasi penelitian bisa dilihat dari gambar 3.2 dibawah ini:



Gambar 3.2 lokasi penelitian pada daerah panam

Dapat dilihat gambar diatas *area* lokasi pada penelitian ini adalah *area* panam dengan luas wilayah 6,54km². Setiap skenario yang sudah ditentukan akan berada pada lokasi ini.

3.1.4 Waktu Penelitian

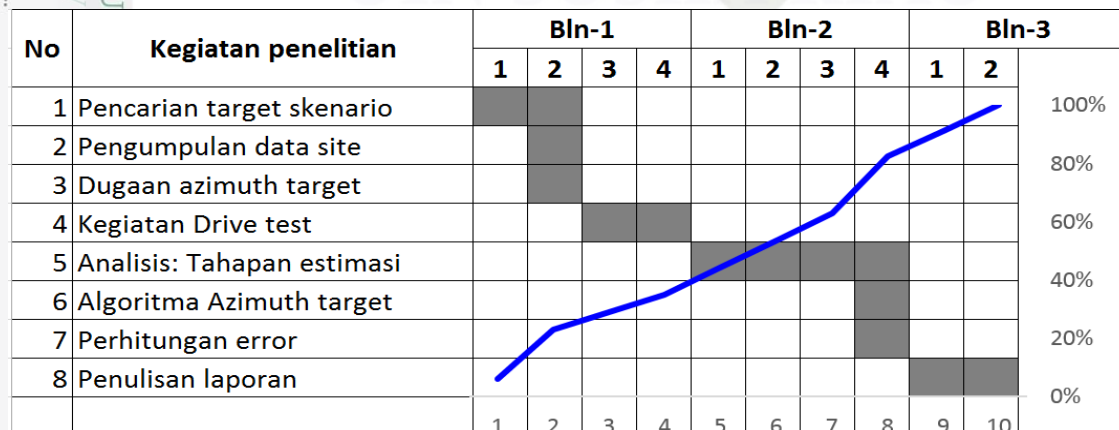
Waktu penelitian merupakan estimasi target yang sudah ditentukan oleh peneliti. Seperti tabel 3.1 terlihat dengan jelas kegiatan, durasi, bobot, dan hari yang sudah dijadwalkan pada penelitian kali ini.

Tabel 3.1 waktu penelitian

| No | Kegiatan penelitian | Durasi | Bobot | Stn |
|----|---------------------------------|--------|-------|------|
| 1 | Pencarian target skenario | 7 | 12% | hari |
| 2 | Pengumpulan data <i>site</i> | 3 | 5% | hari |
| 3 | Dugaan <i>Azimuth</i> target | 3 | 5% | hari |
| 4 | Kegiatan <i>Drive test</i> | 7 | 12% | hari |
| 5 | Analisis: Tahapan estimasi | 21 | 37% | hari |
| 6 | Algoritma <i>Azimuth</i> target | 3 | 5% | hari |
| 7 | Perhitungan <i>error</i> | 3 | 5% | hari |
| 8 | Penulisan laporan | 10 | 18% | hari |

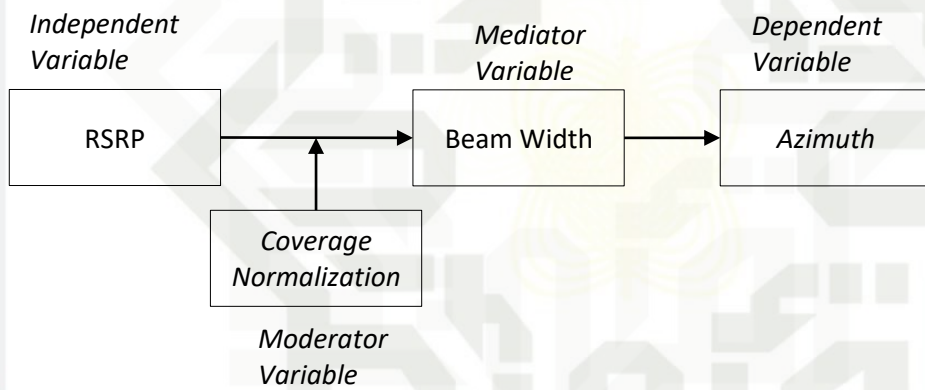
Berbeda dengan tabel 3.1, tabel 3.2 merupakan estimasi dari target yang harus dicapai pada tiap kegiatan penelitian yang sudah ditentukan. Pada tabel 3.2 terlihat bobot persentase yang berbeda-beda pada setiap pelaksanaan penelitian. Jika semua kegiatan penelitian dilaksanakan maka persentase dari target penelitian akan tercapai seperti grafik yang ditampilkan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 pelaksanaan penelitian



3.2 Variabel Penelitian

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yakni data *site* dan data *drive test*. Data *site* yang diperlukan adalah informasi tentang ketinggian instalasi antenna dan dugaan sementara (kasar) *Azimuth*. Ketinggian antenna dibutuhkan untuk mendapatkan dugaan penguatan antenna secara *vertical*, sehingga pola radiasi antenna dalam dimensi *vertical* dapat diabaikan dengan menggunakan konstanta penguatan. Sedangkan dugaan *Azimuth* sementara diperlukan untuk membatasi kebutuhan data *drive test* yang lebih efektif, sehingga tidak perlu untuk mendapatkannya dalam lingkup pengarahannya 360°. Jenis data *drive test* yang dikumpulkan sebagai data utama dalam penelitian ini adalah informasi terkait penerimaan kuat sinyal, yakni *Reference Signal Received Power (RSRP)*, di setiap titik-titik pengambilan *sampel*.



Gambar 3.3 Hubungan antar variabel dalam penelitian

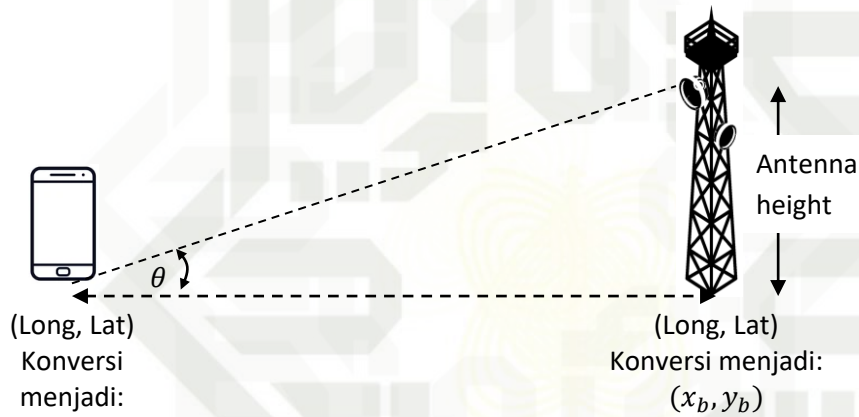
Penelitian ini menggunakan 4 jenis variabel, yakni variabel bebas (*independent variable*), variabel pengendali (*moderator variable*), variabel perantara (*mediator variable*) dan variabel terikat (*dependent variable*). Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah penerimaan kuat sinyal radio dari kegiatan *drive test* dengan rute yang telah ditentukan. Semakin banyak variasi penerimaan sinyal atau rute yang dipilih akan semakin mudah dalam membentuk variabel perantara, yakni *beam width* dari sektor yang diamati. Adapun proses mendefinisikan *beam width* ini adalah dengan melakukan proses normalisasi penerimaan sinyal terhadap jaraknya terhadap titik *base station*. Tujuan proses normalisasi ini adalah untuk menggambarkan *coverage* atau *foot print* dengan jarak yang sama dan disebut sebagai variabel pengendali (*moderator variable*). Sedangkan *beam width* (*mediator variable*) dapat didefinisikan berdasarkan *coverage* 3dB terhadap nilai

puncak rata-rata setelah proses normalisasi. Setelah *variabel mediator* terdefinisi, barulah kemudian dihitung berdasarkan proses perputaran *cone* hingga *Azimuth (dependent variable)* dapat didefinisikan.

3.3 Metoda Pengumpulan Data

Sebagaimana yang dijelaskan sebelumnya, terdapat dua jenis data yang dibutuhkan dalam penelitian ini, yakni data *antenna site* dan data *drive test*. Berikut rincian terkait teknik pengumpulan kedua data tersebut.

3.3.1 Data Antenna Site



Gambar 3.4 Teknik trigonometri untuk pengukuran ketinggian antenna

Ketinggian antenna dapat diukur dengan menggunakan teknik trigonometri, di mana posisi pengukuran (*user*) dan posisi *base station* (antenna) telah diketahui sebelumnya. Posisi kedua titik ini harus dikonversi menjadi sistem koordinat numerik (kartesian) dalam satuan meter, sehingga hasil pengukuran sudut akan menghasilkan ketinggian yang lebih akurat. Pengukuran sudut dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan teropong dan busur yang mengukur tingkat kemiringan teropong tersebut. Dengan teropong yang lebih fokus, sudut dapat dilihat pada busur terhadap rata-rata air (*water pass*). Ketinggian antenna kemudian dapat dihitung dengan menggunakan persamaan trigonometri terhadap segitiga siku-siku yang terbentuk olehnya (perhatikan gambar 3.4). Sedangkan untuk menentukan dugaan awal dari *Azimuth* dilakukan dengan bantuan teropong atau penglihatan kasat mata kepada posisi pemasangan antenna tersebut.

3.3.2 Data Drive test

Meskipun *site* yang menjadi target penelitian memiliki banyak pilihan sektor (sel), tetapi tidak semua dapat dijadikan objek penelitian. Sel ini akan dipilih berdasarkan kebutuhan skenario yang akan ditetapkan untuk memenuhi kebutuhan analisis. Proses pemilihan ini dipelajari melalui hasil investigasi kepemilikan *site* dari suatu operator di wilayah penelitian yang ditetapkan terhadap ketersediaan akses jalan pada peta.

Kemudian data *drive test* (DT) dapat diperoleh dengan sebelumnya melakukan tiga tahapan persiapan, yakni: perencanaan rute, penyetelan dan mobilisasi, penyajian data. Dalam perencanaan rute, *area* (jalan) yang harus dilalui harus mencakup sudut lingkup minimum yang telah ditetapkan sebelumnya, yakni $\pm 60^0$ terhadap arah dugaan *Azimuth* dari suatu sel. Semakin banyak rute yang mewakili setiap sudut pengarahannya, akan membuat hasil prediksi pada analisis semakin baik.

Proses penyetelan dan mobilisasi dilakukan secara sederhana mengacu pada ketersediaan dana penelitian. Aplikasi yang digunakan untuk DT ini adalah G-Net Track Pro berbayar yang sebelumnya telah ter-*install* pada *smartphone*. Mobilisasi dilakukan dengan menggunakan sepeda motor yang dikendarai oleh dua orang, yakni pengendara dan DT surveyor. DT akan dilakukan di malam hari, di mana arus lalu lintas diasumsikan lancar untuk kecepatan stabil yang ingin dicapai, yakni kisaran 30 km/jam. Adapun proses penyajian data dilakukan secara manual, yakni dengan mengubah format hasil DT menjadi tabel yang diinginkan.

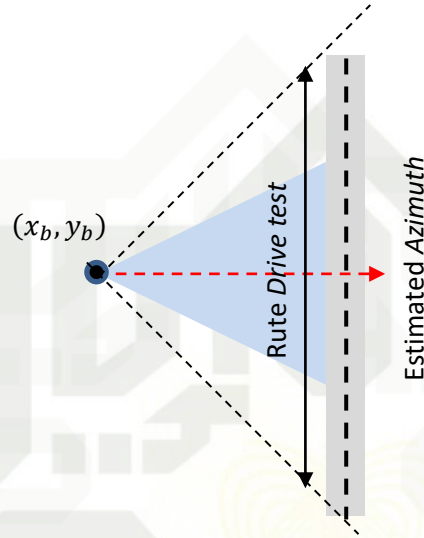
Tabel 3.3 Contoh format penyajian data hasil DT

| No | Sampel | | Targeted Cell | | |
|----|--------|--------|---------------|--------|------|
| | Long | Lat | Long | Lat | RSRP |
| | A | B | C | D | E |
| 1 | 101.38 | 0.4632 | 101 | 0.4654 | -70 |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |

3.4 Metoda Analisis

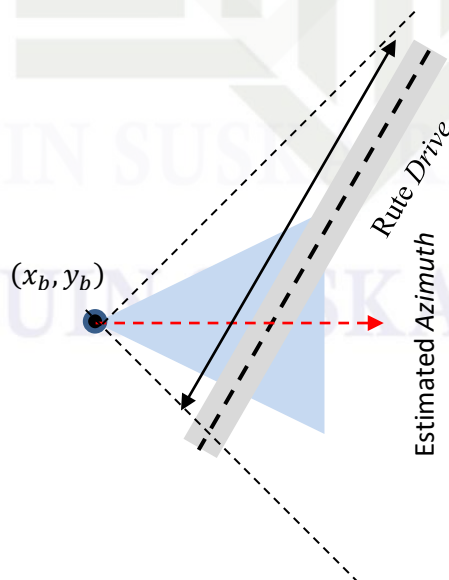
3.4.1 Skenario penelitian:

1. Ketersediaan akses jalan melintang simetris terhadap arah perkiraan *Azimuth* berdasarkan survei awal. Panjang rute *drive test* minimum mencakup $\pm 60^0$ dari arah perkiraan sementara *Azimuth* sel.



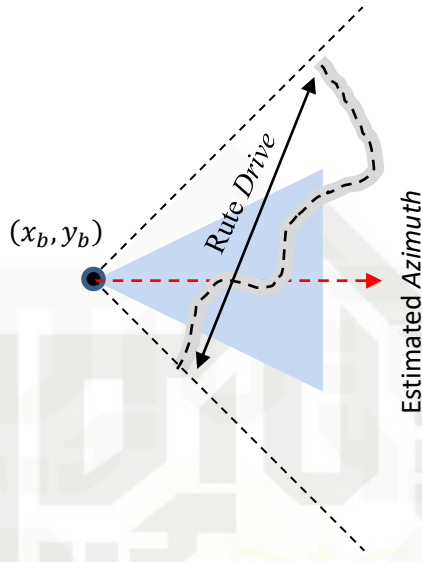
Gambar 3.5 Ilustrasi proses *drive test* pada skenario A

2. Ketersediaan akses jalan melintang secara diagonal (miring) terhadap arah perkiraan *Azimuth* berdasarkan survei awal. Panjang rute *drive test* minimum mencakup $\pm 60^0$ dari arah perkiraan sementara *Azimuth* sel.



Gambar 3.6 Ilustrasi proses *drive test* pada skenario B

3. Ketersediaan akses jalan berkelu-liku terhadap arah perkiraan *Azimuth* berdasarkan survei awal. Panjang rute *drive test* dengan jarak 500m s/d 1 km dan minimum mencakup $\pm 60^{\circ}$ dari arah perkiraan sementara *Azimuth* sel.



Gambar 3.7 Ilustrasi proses *drive test* pada skenario C

3.4.2 Algoritma estimasi

Data koordinat pada hasil *drivetest* terlebih dahulu harus diubah menjadi koordinat rectangular (yakni nilai x untuk longitude dan y untuk latitude). Adapun proses perubahannya cukup dengan menggunakan persamaan berikut:

$$x = (C - A) \times 111,319.5 \text{ meter} \tag{3.1}$$

$$y = (D - B) \times 111,132.9 \text{ meter} \tag{3.2}$$

Tabel 3.4 Analisa data awal

| No | Sampel | | Cell ID | | Calculation | | | Normalisasi |
|----|--------|---|---------|-------|-------------|---------|----------------------|-------------|
| | x | y | RSRP | ARFCN | Kuadran | Azimuth | Jarak | RSRP' |
| | C | H | | | K | L | M | N |
| 1 | 0 | 0 | E1 | F | | | $\sqrt{G1^2 + H1^2}$ | |
| 2 | 0 | 0 | E2 | F | | | $\sqrt{G2^2 + H2^2}$ | |
| 3 | 0 | 0 | E3 | F | | | $\sqrt{G3^2 + H3^2}$ | |

Algoritma untuk perhitungan kuadran (K) berdasarkan fungsi “if” adalah sebagai berikut:

$$K = \text{if} \begin{cases} G > 0 & \text{if} \begin{cases} H > 0 & 1 \\ \text{others} & 4 \end{cases} \\ \text{others} & \text{if} \begin{cases} H > 0 & 2 \\ \text{others} & 3 \end{cases} \end{cases} \quad (3.3)$$

Algoritma untuk perhitungan azimuth (L) berdasarkan fungsi “if” adalah sebagai berikut:

$$L = \text{if} \begin{cases} K = 1 & 90 - \tan^{-1}\left(\frac{H}{G}\right) \\ \text{others} & \text{if} \begin{cases} K = 2 & 270 + \tan^{-1}\left(\frac{H}{G}\right) \\ \text{others} & \text{if} \begin{cases} K = 3 & 270 - \tan^{-1}\left(\frac{H}{G}\right) \\ \text{others} & 90 + \tan^{-1}\left(\frac{H}{G}\right) \end{cases} \end{cases} \end{cases} \quad (3.4)$$

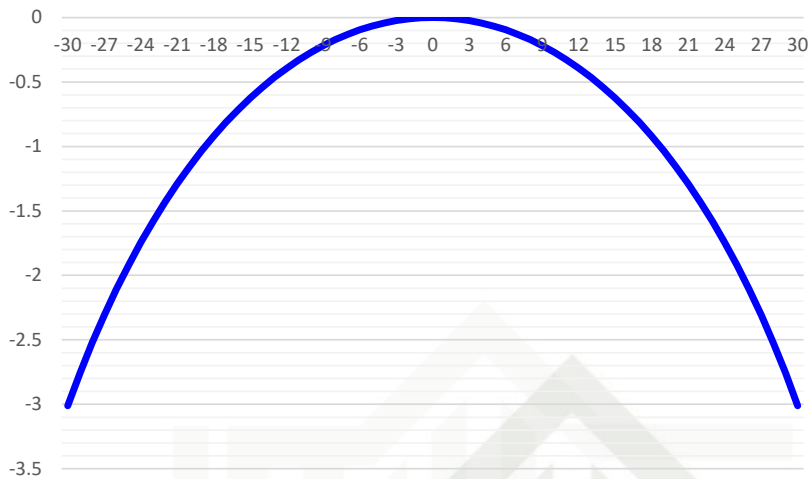
Perlu diingat bahwa perhitungan trigonometri pada microsoft excel adalah berdasarkan sudut radians, sehingga perlu menggunakan konversi mengalikannya dengan konstanta 180/pi (°).

$$N = E + 20 * \log\left(\frac{M}{1000}\right) \quad (3.5)$$

Nilai dari N pada persamaan di atas merupakan estimasi RSRP yang telah dinormalisasi, dan akan dibandingkan dengan pola cone yang telah dirancang sebelumnya. RSRP pada model cone ini dihitung berdasarkan persamaan 2.x dengan rentang nilai RSRP (O) 60 derajat: -30^0 hingga 30^0 , yakni:

$$Q = 10 \log[\sin(90 + 2\alpha)] + k - 100.45 \text{ dB}; \quad -30^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ \quad (3.6)$$

Nilai k pada persamaan ini merupakan dugaan daya transmit dalam satuan *decibel* ($P_{tx,dB}$), di mana jika dugaan ini salah sekalipun, *error* yang terjadi akan bersifat konstanta. Berikut visualisasi RSRP cone yang akan menjadi pembanding dari RSRP ternormalisasi, sebagaimana yang diperlihatkan oleh gambar 3.8.



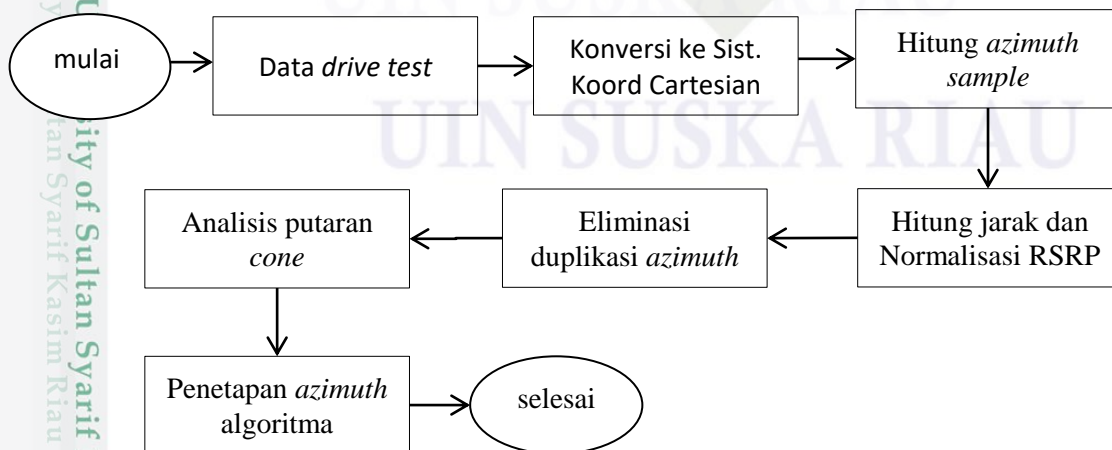
Gambar 3.8 Model *cone* 3dB dengan rentang beamwidth 60° .

Adapun proses analisis selanjutnya adalah melakukan perhitungan *error* dengan menggeser *cone* untuk setiap derajatnya. Model tabel yang dihasilkan ketika perhitungan untuk setiap putaran *cone* ini diperlihatkan oleh tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Tabel analisis putaran *cone*

| No | Azimuth sampel | RSRP' | Azimuth cone | RSRP Cone | Error per sampel |
|----|----------------|-------|--------------|-----------|------------------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |

Adapun proses kerja dari algoritma estimasi ini diperlihatkan oleh gambar 3.9 berikut ini.



Gambar 3.9 Tahapan analisis data penelitian



3.5 Metoda Penarikan kesimpulan

Kesalahan atau *error* yang terjadi ketika pemutaran *cone* dapat bersifat plus atau minus, sehingga dibutuhkan mekanisme nilai absolute atau kuadrat untuk menghindari efek saling meniadakan. Berdasarkan [19], ketika *error* terdistribusi secara normal, maka penggunaan *Root Mean Square Error* (RMSE) lebih efektif menjelaskan hubungan *error* pada suatu distribusi estimasi dibandingkan dengan model *Mean Absolute Error* (MAE). Adapun perasamaan RMSE yang akan digunakan untuk menarik kesimpulan adalah sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^2} \quad (3.7)$$

Hasi perhitungan *error* ini kemudian akan diranking, dimana rank-1 merupakan pilihan terbaik dalam mengestimasi *azimuth* dari sel. Jika terdapat dua sel dengan rank yang sama, maka *azimuth* diputuskan berdasarkan titik tengahnya.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB V

Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, penulis dapat menarik kesimpulan bahwasanya kinerja algoritma yang digunakan untuk menganalisis data dari *drive test* sudah bagus. Algoritma dapat merubah koordinat, menentukan posisi quadran pengambilan data *drive test*, dan menormalisasi nilai RSRP dengan baik pada jarak 1km. Tapi *software* G-nettrack pro tidak dapat mengunci satu cell pada saat melakukan pengambilan data dan menyebabkan *error* yang sangat besar pada setiap skenario, skenario A menghasilkan *error* 28,84⁰, skenario B 15⁰ dan skenario C 6⁰

5.2 Saran

Saran dari penelitian yang telah dilakukan adalah dengan mengganti *software* untuk pengambilan data *drive test*.

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta aslinya milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. M. E. P. Astiti, I. A. L. Dewi, and N. D. Wirastuti, "Implementasi Teknologi 4G LTE di Indonesia," *Pros. Conf. Smart-Green Technol. Electr. Inf. Syst.*, no. 14–15 November, pp. 14–15, 2013.
- [2] U. Kurniawan Usman, "Mengenal Teknologi 5G," pp. 345–348, 2017.
- [3] T. Assefa, "By Taddege Assefa Advisor Dr. Beneyam Berhanu Haile," no. November, 2018.
- [4] B. Shah, G. Dalwadi, R. Bhasker, H. Shah, and N. Kothari, "Estimation of *azimuth* of a macro cell through *user* data for LTE access network", doi: 10.1007/s12046-019-1147-4S.
- [5] A. Muttaqin and Y. Rahayu, "Analisis Potensi Interferensi Sistem LTE Dengan EGSM Di Pita 800 MHz," *JomFTEKNIK*, vol. 4, no. 1, pp. 1–7, 2017.
- [6] I. Pramulia, P. Sudiarta, and G. Sukadarmika, "ANALISIS PENGARUH JARAK ANTARA *USER* EQUIPMENT DENGAN eNodeB TERHADAP NILAI RSRP (REFERENCE SIGNAL RECEIVED *POWER*) PADA TEKNOLOGI LTE 900 MHz," *J. Ilm. SPEKTRUM*, vol. 2, no. 3, pp. 24–30–30, 2015.
- [7] M. Ulfah, "Peningkatan *Area* Jangkauan Jaringan 4G Lte (Studi Kasus Kecamatan Samarinda Ulu)," *J. ECOTIPE*, vol. 5, no. 1, pp. 33–38, 2018, doi: 10.33019/ecotipe.v5i1.32.
- [8] KHALILUL'AFIF, "Optimasi Rute Menggunakan Teknik Statistik Berdasarkan Hasil Drivetest G-Net Track Pro," *Progr. Stud. Tek. Elektro Fak. Sains Dan Teknol. Univ. Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau Pekanbaru*, 2020.
- [9] S. Rohani, *Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember*, no. September 2019. 2021.
- [10] M. . SUSMINI INDRIANI LESTARININGATI, "Jaringan Selular, Pengantar Telekomunikasi," 2022. <https://adoc.pub/pengantar-telekomunikasi327f99c34487398f18289f8cbf07f7c67959.html> (accessed Jul. 20, 2022).
- [11] S. Ariyanti, "Studi Pemanfaatan Digital Dividend Untuk Layanan Long Term Evolution (LTE)," *Bul. Pos dan Telekomun.*, vol. 11, no. 3, p. 189, 2013, doi: 10.17933/bpostel.2013.110302.
- [12] P. T. Provider, E. Yovita, D. Utami, N. Previana, and Y. Budihardja, "Analisis



1. BTS Initial Planning Jaringan Komunik,” vol. 4, no. 2, 2015.
- [13] Bayu Rahardian, “Cara Membedakan BTS,” 2012.
<https://www.kaskus.co.id/thread/50a360e6e774b4d57b0000d7/cara-membedakan-bts-gan--masuk-dapetin-ilmu/>
- [14] F. Yunazar, E. Zaenudin, and A. Heryana, “Reliabilitas Sistem Transfer Data Nirkabel pada ALIX3d2 untuk Stasiun Cuaca,” *J. LIPI*, pp. 33–38, 2008.
- [15] Brilian Dirgayansa, “Optimasi Jumlah Neighbor-Cell Pada Jaringan Wcdma Berdasarkan Ec/Io Dan Catchment Angle,” *J. Ekon. Vol. 18, Nomor 1 Maret 201*, vol. 2, no. 1, pp. 41–49, 2020.
- [16] R. P. Wibowo, “Perancangan Dan Pembuatan Antena Array Dengan Beamwidth $\leq 5^\circ$ Pada Frekuensi S- Band Dengan Menggunakan Elemen Microstrip Bow-Tie,” *Tugas Akhir, Fak. Teknol. Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Novemb.*, pp. 1–114, 2017.
- [17] M. Ulfah and N. Jamal, “Perhitungan Pathloss Teknologi 4G,” *JTT (Jurnal Teknol. Terpadu)*, vol. 4, no. 2, p. 71, 2016, doi: 10.32487/jtt.v4i2.142.
- [18] D. Made *et al.*, “Analisis Parameter Jaringan Hsdpa Kondisi Indoor Dengan Tems Investigation Dan G-Nettrack Pro,” *J. Ilm. SPEKTRUM*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, 2016, [Online]. Available: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/spektrum/article/view/21647>

HaCipta Diindung

1. Di larang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Di larang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN

Tabel data *drive test* skenario A

| Longitude | Latitude | CellID | RSRP |
|------------------------|---------------------|--------|------|
| 10.138.882.890.193.600 | 0.46427035186408827 | 41 | -74 |
| 10.138.883.784.075.800 | 0.4642703586143927 | 41 | -74 |
| 10.138.884.677.957.900 | 0.46427036536469707 | 41 | -71 |
| 10.138.885.571.840.100 | 0.4642703721150015 | 41 | -71 |
| 10.138.886.465.722.200 | 0.46427037886530587 | 41 | -73 |
| 10.138.887.359.604.400 | 0.4642703856156103 | 41 | -73 |
| 10.138.888.253.486.500 | 0.4642703923659147 | 11 | -71 |
| 10.138.889.147.368.700 | 0.4642703991162191 | 11 | -71 |
| 1.013.889.004.125.090 | 0.4642704058665235 | 11 | -71 |
| 10.138.890.935.133.000 | 0.4642704126168279 | 11 | -71 |
| 10.138.891.829.015.200 | 0.4642704193671323 | 11 | -71 |
| 10.138.892.722.897.300 | 0.46427042611743674 | 11 | -71 |
| 10.138.893.616.779.500 | 0.4642704328677411 | 13 | -70 |
| 10.138.894.510.661.600 | 0.46427043961804554 | 13 | -70 |
| 10.138.895.404.543.800 | 0.4642704463683499 | 13 | -70 |
| 10.138.896.298.426.000 | 0.46427045311865434 | 13 | -70 |
| 10.138.897.192.308.100 | 0.46427045986895876 | 13 | -71 |
| 10.138.898.086.190.300 | 0.46427046661926313 | 13 | -71 |
| 1.013.889.898.007.240 | 0.46427047336956756 | 13 | -72 |
| 10.138.899.873.954.600 | 0.46427048011987193 | 13 | -72 |
| 10.138.900.767.836.700 | 0.46427048687017636 | 13 | -68 |
| 10.138.901.661.718.900 | 0.4642704936204808 | 13 | -68 |
| 10.138.902.555.601.100 | 0.46427050037078516 | 13 | -67 |
| 10.138.903.449.483.200 | 0.4642705071210896 | 13 | -67 |
| 10.138.904.343.365.400 | 0.46427051387139395 | 11 | -68 |
| 1.013.890.523.724.750 | 0.4642705206216984 | 11 | -68 |
| 10.138.906.131.129.700 | 0.4642705273720028 | 11 | -70 |
| 10.138.907.025.011.800 | 0.4642705341223072 | 11 | -70 |
| 10.138.907.918.894.000 | 0.4642705408726116 | 11 | -70 |
| 10.138.908.812.776.200 | 0.464270547622916 | 11 | -70 |
| 10.138.909.706.658.300 | 0.4642705543732204 | 11 | -69 |
| 10.138.910.600.540.500 | 0.4642705611235248 | 11 | -69 |
| 10.138.911.494.422.600 | 0.4642705678738292 | 11 | -66 |
| 10.138.912.388.304.800 | 0.4642705746241336 | 11 | -66 |
| 10.138.913.282.186.900 | 0.46427058137443805 | 11 | -67 |
| 1.013.891.417.606.910 | 0.4642705881247424 | 11 | -67 |
| 10.138.915.069.951.300 | 0.46427059487504685 | 11 | -68 |
| 10.138.915.963.833.400 | 0.4642706016253512 | 11 | -68 |
| 10.138.916.857.715.600 | 0.46427060837565565 | 11 | -69 |
| 10.138.917.751.597.700 | 0.4642706151259601 | 11 | -69 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dianggap melanggar hak cipta atau seluruhnya atau sebagian dari seluruhnya tanpa mengizinkan atau tanpa mengizinkan sumber.

2. Dianggap mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruhnya, tulis ini dalam bentuk apapun, tanpa izin UIN Suska Riau.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.