

OPTIMASI *COVERAGE* PADA JARINGAN SELULER HETEROGEN

3-SEKTOR BERDASARKAN FUNGSI *FITNESS* ALGORITMA

GENETIKA

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



Oleh:

MUHAMMAD IRSYAD

11655101530

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAUPEKANBARU

2023

- 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

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



LEMBAR PERSETUJUAN

OPTIMASI COVERAGE PADA JARINGAN SEULER HETEROGEN 3-SEKTOR BERDASARKAN FUNGSI FITNESS ALGORITMA GENETIKA

TUGAS AKHIR

Oleh :

MUHAMMAD IRSYAD
11655101530

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Prodi Teknik Elektro di Pekanbaru, pada tanggal 12 Juli 2023

Ketua Program Studi

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

Pembimbing I

Hasdi Radiles, S.T., M.T.
NIP. 19770909 201101 1 005

UIN SUSKA RIAU

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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.



LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMASI COVERAGE PADA JARINGAN SEULER HETEROGEN 3-SEKTOR BERDASARKAN FUNGSI FITNESS ALGORITMA

GENETIKA

TUGAS AKHIR

Oleh :

MUHAMMAD IRSYAD
11655101530

Telah dipertahankan di depan 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 tanggal 12 Juli 2023

Pekanbaru, 12 Juli 2023

Mengesahkan,

Ketua Program Studi

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

Dekan
Dr. Hartono, M.Pd.
NIP:19640301 199203 1 003

DEWAN PENGUJI :

Ketua : Ahmad Faizal, S.T., M.T.

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

Anggota I : Dr. Fitri Amillia, S.T., M.T.

Anggota II : Mulyono, S.T., M.T.

- 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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak cipta milik UIN Suska Riau



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 satu 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 sepengetahuan 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, 12 Juli 2023
Yang membuat pernyataan,



Muhammad Irsyad

11655101530

UIN SUSKA RIAU

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 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.

LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'alamin segala puji dan syukur saya ucapkan kehadirat Allah *subhanahu wata'ala* yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya masih diberi kesempatan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. *Sholawat* beserta salam tak lupa saya haturkan kepada Nabi Muhammad *shallallahu 'alaihi wa sallam* yang telah mengajarkan kepada kita semua sebagai umatnya, bahwa betapa pentingnya menuntut ilmu dan mencari ridho Allah SWT untuk keselamatan dunia dan akhirat.

Saya persembahkan karya ilmiah ini kepada Ayahanda dan Ibunda tercinta yang telah menjadi pelita dan penopang semangat hidup saya atas semua pengorbanan, doa, dan jerih payahnya agar saya mencapai cita-cita. Adapun cita-cita saya kelak dapat membahagiakan Ayahanda dan Ibunda tercinta saya. Saya ucapkan juga banyak terimakasih kepada dosen pembimbing karena telah membimbing, membantu, menasehati, dan memberi saran dalam menyelesaikan Tugas Akhir hingga dapat terselesaikan seperti saat ini. Kepada dosen penguji saya ucapkan terimakasih juga karena telah memberikan kritik dan saran yang sifatnya membangun sehingga Tugas Akhir ini mampu diselesaikan sesuai prosedur yang berlaku. Ucapan terimakasih juga tak lupa saya berikan kepada rekan-rekan seperjuangan yang telah menemani saya ketika suka maupun duka, memotivasi dan menginspirasi hingga saya mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian semua dengan pahala yang berlipat ganda, *aamiin*.

UIN SUSKA RIAU

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.

OPTIMASI *COVERAGE* PADA JARINGAN SELULER HETEOGEN

3-SEKTOR BERDASARKAN FUNGSI *FITNESS*

ALGORITMA GENETIKA

MUHAMMAD IRSYAD

NIM : 11655101530

Tanggal Sidang : 12 Juli 2023

Prodi Teknik Elektro
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Kebutuhan otomatisasi dalam proses penyelesaian optimasi pada jaringan seluler heterogen semakin penting ketika jumlah sel atau site mencapai puluhan atau bahkan ratusan. Penelitian ini mengusulkan penggunaan algoritma genetika, di mana model yang digunakan menggunakan operasi yang sederhana (klasik). Penelitian dilakukan dengan memberikan ilustrasi permasalahan yang dibangkitkan secara acak untuk 135 sel dengan menggunakan basis distribusi *hexagonal*. Kemudian algoritma GA dibangun dengan menggunakan model-model operasi biasa untuk mengolah data *azimuth* yang telah diberikan untuk mendapatkan kondisi minimum interferensi. Hasil penelitian memberikan fakta bahwa capaian GA tersebut dapat mencegah interferensi antar site hingga 87.5% di mana jumlah sample yang digunakan adalah 60 titik berdasarkan distribusi hexagonalnya.

Kata kunci: Algoritma Genetika, *Coverage*, *Fungsi Fitness*, Seluler, *Heterogen 3-sektor*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta 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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**COVERAGE OPTIMIZATION IN 3-SECTOR HETEROGENEOUS
CELLULAR NETWORKS BASED ON GENETIC ALGORITHM
FITNESS FUNCTION**

MUHAMMAD IRSYAD

NIM : 11655101530

Date of Final Exam : 12 July 2023

*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 need for automation in the process of solving optimization in heterogeneous cellular networks is increasingly important when the number of cells or sites reaches tens or even hundreds. This research proposes the use of genetic algorithms, where the model used uses simple (classical) operations. The research is conducted by illustrating a randomly generated problem for 135 cells using a hexagonal distribution base. Then the GA algorithm was built using the usual operating models to process the given azimuth data to obtain the minimum interference condition. The results show that the GA achievement can prevent inter-site interference up to 87.5% where the number of samples used is 60 points based on the hexagonal distribution.

Keywords: Cellular, Coverage, Fitness Function, Genetic Algorithm, Heterogeneous 3-sector

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta 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 ISI

HALAMAN LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR RUMUS	xi
DAFTAR LAMBANG	xii
DAFTAR SINGKATAN.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-3
1.3 Tujuan Penelitian	I-3
1.4 Manfaat Penelitian	I-3
1.5 Batasan Masalah	I-3
II DASAR TEORI.....	II-1
2.1 Penelitian Terkait.....	II-1
2.2 Teori Selular	II-3
2.2.1 Pengertian dan bentuk Sel.....	II-3

- 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 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.

2.2.2	Sektor	II-5
2.2.3	Site	II-6
2.2.4	Cluster	II-8
2.2.5	Analisis Coverage	II-8
2.3	Algoritma Genetika	II-11
2.3.1	Definisi	II-11
2.3.2	Populasi	II-13
2.3.3	<i>Crossover</i> (perkawinan)	II-14
2.3.4	<i>Mutation</i> (perubahan gen)	II-16
2.3.5	Fungsi <i>Fitness</i>	II-16
III. METODOLOGI PENELITIAN		III-1
3.1	Karakteristik Penelitian	III-1
3.1.1	Sifat Penelitian	III-1
3.1.2	Kebutuhan Penelitian	III-1
3.1.3	Tahapan Penelitian	III-2
3.2	Skenario Parameter RF	III-3
3.2.1	Model <i>Layout</i> dan <i>Heterogenous Cellular Network</i>	III-3
3.2.2	Perhitungan Antenna Gain	III-5
3.2.3	Pengkodean parameter RF	III-7
3.2.4	Perhitungan penerimaan RF	III-9
3.3	Pemodelan Algoritma Genetika	III-9
3.3.1	Main <i>Flowchart</i>	III-9
3.3.2	Struktur populasi	III-10
3.3.3	Operator <i>Crossover (Offspring)</i>	III-11
3.3.4	Operator <i>Mutasi (Offspring - Mutant)</i>	III-12

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.

3.3.5	Fungsi <i>Fitness</i>	III-14
3.4	Metoda Analisa.....	III-16
3.4.1	Skenario Validasi Algoritma GA	III-16
3.4.2	Skenario Efektivitas Fungsi <i>Fitness</i>	III-17
3.4.3	Skenario Efisiensi <i>Constraint</i>	III-17
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
4.1	Validasi dan pemilihan parameter GA.....	IV-1
4.2	Efektifitas GA dalam Optimasi <i>Azimuth</i> (Radio).....	IV-6
4.3	Efisiensi GA dalam Optimasi <i>Azimuth</i> (Radio).....	IV-9
V.	PENUTUP	V-1
5.1	Kesimpulan.....	V-1
5.2	Saran	V-1
VI.	DAFTAR PUSTAKA	VI-2
	LAMPIRAN A: PARAMETER RF	A-1
	LAMPIRAN B: SKENARIO HETEROGEN	B-1

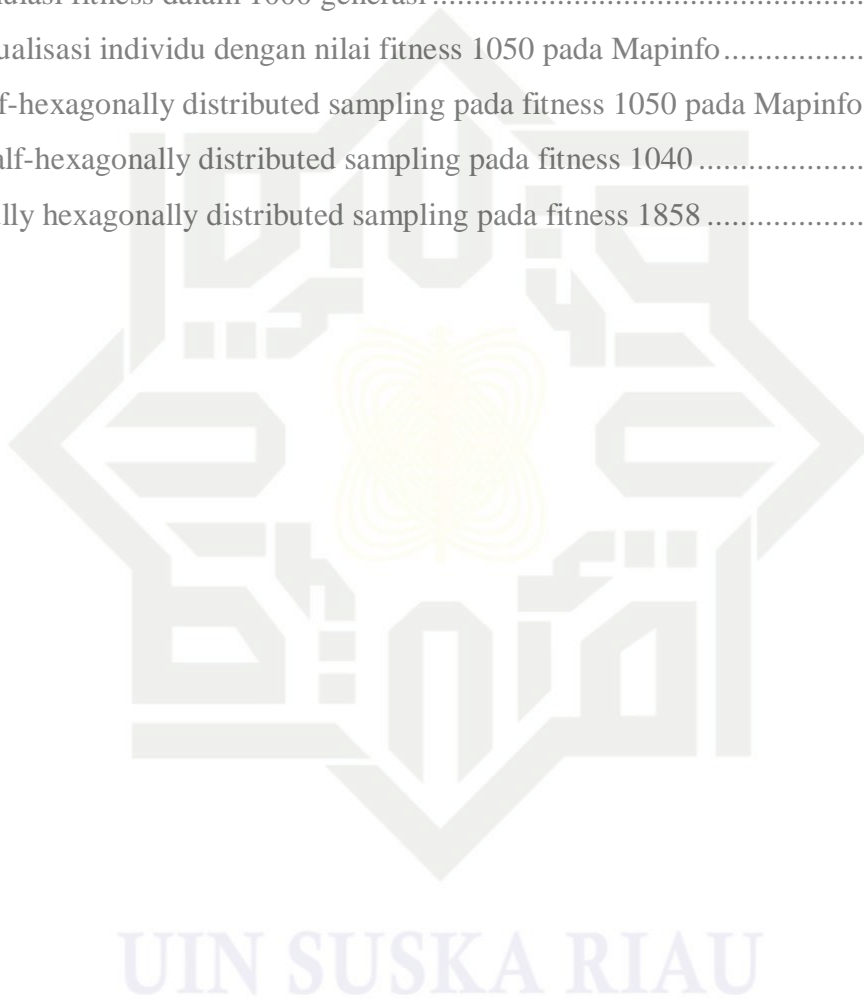
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Bentuk sel yang umum digunakan dalam pemodelan selular	II-4
Gambar 2. 2	Penempatan sel model lingkaran pada konfigurasi multisel	II-4
Gambar 2. 3	Penempatan sel model hexagonal pada konfigurasi multisel	II-4
Gambar 2. 4	Model dimensi sel hexagonal [4].....	II-5
Gambar 2. 5	Radiasi antenna sektoral pada suatu site [6].....	II-6
Gambar 2. 6	Site Green field Tower [2]	II-7
Gambar 2. 7	Pemasangan antenna dengan metoda Rooftop pole.....	II-7
Gambar 2. 8	Pola radiasi pada antenna Kathrein 80010665v01 [4]	II-9
Gambar 2. 9	Analisis perhitungan EIRP [15].....	II-10
Gambar 2. 10	Klasifikasi Meta-Heuristic Algorithm [9]	II-12
Gambar 2. 11	Siklus algoritma Genetika	II-13
Gambar 2. 12	Struktur populasi pada algoritma	II-14
Gambar 2. 13	Metoda fixed one- point crosssover.....	II-15
Gambar 2. 14	Metoda Crossover dengan copy-paste parent.....	II-16
Gambar 2. 15	Proses mutasi pada offspring dengan 1-gen mutation dan 3-gen mutation ...	II-16
Gambar 3. 1	Tahapan penelitian	III-3
Gambar 3. 2	Layout simulasi yang dilayani oleh 45 site	III-4
Gambar 3. 3	Pembangkitan Heterogenous Cellular Network	III-5
Gambar 3. 4	Model radiasi antenna	III-6
Gambar 3. 5	Algoritma penentuan sudut kedatangan φ	III-7
Gambar 3. 6	Definisi nilai azimuth sektor (Gene).....	III-8
Gambar 3. 7	Model pengkodean chromosome, x= radius, yy= azimuth γ_i	III-9
Gambar 3. 8	Flowchart Algoritma Genetika	III-10
Gambar 3. 9	Flowchart sub fungsi crossover pada setiap individu	III-12
Gambar 3. 10	Flowchart sub fungsi mutasi pada setiap individu	III-13
Gambar 3. 11	Flowchart sub fungsi algoritma fitness per individu.....	III-14
Gambar 3. 12	Metoda Constraint hexagonally distributed sampling	III-17
Gambar 4. 1	Peningkatan fitness untuk variasi peluang crossover	IV-1

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.

Gambar 4. 2 Kinerja fitness untuk variasi peluang crossover	IV-2
Gambar 4. 3 Peningkatan fitness untuk variasi peluang mutasi	IV-3
Gambar 4. 4 Peningkatan fitness untuk variasi peluang mutase	IV-4
Gambar 4. 5 Peningkatan fitness untuk variasi jumlah individu dalam populasi	IV-5
Gambar 4. 6 Visualisasi individu dengan nilai <i>fitness</i> 863 pada Mapinfo	IV-6
Gambar 4. 7 Simulasi fitness dalam 1000 generasi	IV-7
Gambar 4. 8 Visualisasi individu dengan nilai fitness 1050 pada Mapinfo	IV-8
Gambar 4. 9 Half-hexagonally distributed sampling pada fitness 1050 pada Mapinfo	IV-9
Gambar 4. 10 Half-hexagonally distributed sampling pada fitness 1040	IV-10
Gambar 4. 11 Fully hexagonally distributed sampling pada fitness 1858	IV-11

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - 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

1.1	Rumus free space loss (FSL)	II-10
2.2	Rumus penerimaan daya pada jarak D	II-11
3.3	Rumus pola radiasi sebagai fungsi dari sudut kedatangan sinyal	II-11
4.4	Rumus akumulasi penerimaan sinyal	II-11
5.5	Rumus besar noise thermal	II-11
6.6	Rumus perhitungan sederhana noise thermal	II-11
3.1	Rumus penguatan antenna pada bidang horizontal	III-6
3.2	Rumus menghitung matriks	III-6
3.3	Rumus penguatan antenna	III-6
3.4	Rumus radius coverage minimum	III-7
3.5	Rumus radius coverage maksimum	III-8
3.6	Rumus azimuth	III-8
3.7	Rumus rugi-rugi lintasan	III-9
3.8	Rumus fungsi jarak D	III-9

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Jadwal kegiatan peneitian	III-2
Tabel 3.2	Stuktur kode populasi	III-10
Tabel 3.3	Tabel validasi aloritma GA	III-16
Tabel 4.1	Skenario 1 – Peluang crossover	IV-1
Tabel 4.2	Skenario 2 – Peluang Mutasi	IV-3
Tabel 4.3	Skenario 3 – Jumlah individu dalam populasi	IV-5
Tabel 4.4	Skenario 4 – Efektivitas N dan Pro_mut	IV-7
Tabel 4.5	Skenario 4 – Efektivitas N dan Pro_mut	IV-10

© Hak cipta elektronik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

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.



UIN
SUSKA RIAU

DAFTAR LAMBANG

- = Alpha
- = Penguatan Antenna Maksimum
- = Azimuth masing-masing sektor
- = Delta



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 Dilindungi Undang-undang
RF
SO
TE
DPM
MIMO
WCDMA
CDMA
SIR
FDMA
EIRP
FSL
GA

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

DAFTAR SINGKATAN

- = *Radio Frequency*
- = *Particle Swarm Optimization*
- = *Long Term Evolution*
- = *Model pathloss Indoor-Dominant pathloss Model*
- = *Multiple Input Multiple Output*
- = *Wide-band Code Division Multiple Access*
- = *Code Division Multiple Access*
- = *Sinyal to Interference Ratio*
- = *Frequency Division Multiple Access*
- = *Effective Isotropic Radiated Power*
- = *free space loss*
- = *Genetic Algorithm*



BAB I

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Kegiatan perencanaan dan optimasi jaringan selular merupakan rangkaian proses yang tidak pernah berakhir [1]. Kenyataan ini disebabkan karena jaringan selular harus senantiasa mengikuti perkembangan trafik yang dapat dilayani dari para penggunanya [2]. Definisi perkembangan trafik ini dapat dimaknai dalam konteks *blank spot area*, kualitas layanan dan kapasitas jaringan. Meskipun tujuan perencanaan jaringan menitik-beratkan pada minimalisasi *blank spot* dan kualitas jaringan sebagaimana kontrak kerja antara operator dan vendor, tetapi implementasi pembangunan jaringan sering tidak sesuai dengan model yang diberikan. Sementara itu, kinerja jaringan ini juga sangat dipengaruhi oleh perkembangan kota baik dalam konteks RF (*radio frequency*) maupun kapasitas layanan yang diinginkan. Perihal inilah yang menyebabkan proses optimasi tersebut akan terus berlangsung bagaikan tiada akhir.

Permasalahan utama yang sering muncul dalam proses optimasi adalah *coverage* [3]. Istilah *coverage* ini merupakan area cakupan di mana layanan dapat diakses oleh para pengguna jaringan. Kondisi *coverage* ini sangat dipengaruhi oleh kinerja *azimuth* dan *downtilt* antenna pada setiap selnya. Tetapi, penambahan sel-sel baru sebagai rangkaian pembangunan jaringan akan berimbas kepada memburuknya kualitas *coverage* jaringan sebelumnya. Akibatnya, meskipun penerimaan sinyal masih dapat dikatakan baik, tetapi kualitas cenderung memburuk. Sehingga solusi optimasi azimuth dengan tujuan memindahkan *coverage* maupun *downtilt* dalam rangka membatasi *coverage*, menjadi tidak terhindarkan demi mempertahankan kualitas layanan jaringan selular tersebut.

Pada lingkungan *Urban*, kebutuhan site atau sel jauh lebih banyak dibandingkan dengan kondisi lainnya seperti *sub-urban* ataupun *rural*. Hal ini disebabkan selain demi meningkatkan kapasitas jaringan, juga karena adanya keterbatasan implementasi radius *coverage* secara fisik. Hal ini disebabkan oleh proses pencarian dan pembangunan titik lokasi site di lapangan cenderung berubah-ubah, sehingga model *coverage* pun bervariasi. Akibatnya, distribusi site-site pada jaringan menjadi *heterogenous* di mana *coverage* akan bervariasi mulai dari *macrocell* yang memiliki *coverage* dalam orde 1 – 5 km, hingga *picocell* yang hanya mencakup beberapa puluhan

1. Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya atau melakukan tindakan lainnya yang serupa tanpa izin dari penerbit, baik itu dalam bentuk apapun.
3. Dilarang menyalin, menduplikasi, atau menyebarkan secara elektronik atau dengan cara lain tanpa izin dari penerbit, baik itu dalam bentuk apapun.
4. Dilarang mengutip, menyalin, menduplikasi, atau menyebarkan secara elektronik atau dengan cara lain tanpa izin dari penerbit, baik itu dalam bentuk apapun.
5. Dilarang mengutip, menyalin, menduplikasi, atau menyebarkan secara elektronik atau dengan cara lain tanpa izin dari penerbit, baik itu dalam bentuk apapun.
6. Dilarang mengutip, menyalin, menduplikasi, atau menyebarkan secara elektronik atau dengan cara lain tanpa izin dari penerbit, baik itu dalam bentuk apapun.
7. Dilarang mengutip, menyalin, menduplikasi, atau menyebarkan secara elektronik atau dengan cara lain tanpa izin dari penerbit, baik itu dalam bentuk apapun.
8. Dilarang mengutip, menyalin, menduplikasi, atau menyebarkan secara elektronik atau dengan cara lain tanpa izin dari penerbit, baik itu dalam bentuk apapun.
9. Dilarang mengutip, menyalin, menduplikasi, atau menyebarkan secara elektronik atau dengan cara lain tanpa izin dari penerbit, baik itu dalam bentuk apapun.
10. Dilarang mengutip, menyalin, menduplikasi, atau menyebarkan secara elektronik atau dengan cara lain tanpa izin dari penerbit, baik itu dalam bentuk apapun.



1.2 Rumusan Masalah

Implementasi GA dalam merencanakan dan mengoptimasi pemilihan azimuth pada lokasi site pertama harus dapat bekerja secara efektif dan efisien demi mengoptimalkan penggunaan komputasi dan memori pada saat simulasi. Efisiensi GA juga dapat ditingkatkan dengan mengoptimalkan jumlah pemilihan constraint sebagai titik uji sampling penerimaan sinyal. Dengan mengoptimalkan jumlah pemilihan constraint sebagai titik uji sampling penerimaan sinyal, efisiensi dapat ditingkatkan dengan menguji kinerja fungsi fitness berdasarkan nilai yang diberikan. Berdasarkan fakta ini, maka pertanyaan penelitian dapat didefinisikan sebagai berikut: “Bagaimanakah optimasi *coverage* pada jaringan selular-*heterogen* 3-Sektor, berdasarkan fungsi *fitness* algoritma Genetika? “.

1.3 Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk menguji optimasi *coverage* pada jaringan selular-*heterogen* 3-Sektor, berdasarkan fungsi fitness algoritma Genetika. Untuk mewujudkan tujuan tersebut, maka diperlukan skenario yang bertujuan khusus untuk:

- Menguji kinerja GA dalam menghasilkan solusi yang efektif dan efisien berdasarkan generasi dan parameter lainnya yang digunakan GA
- Menguji kinerja jumlah titik sampling (*constraint*) pada area layanan (*layout*) dalam menghasilkan solusi yang efisien berdasarkan jumlah generasi yang digunakan GA.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Rekomendasi usulan model fitness yang efektif dalam merencanakan kegiatan optimasi pada jaringan selular heterogen 3 sektor.
2. Rekomendasi metoda sampling (constraint) yang efisien untuk menghasilkan solusi yang optimal dalam merencanakan kegiatan optimasi pada jaringan selular heterogen 3 sektor

1.5 Batasan Masalah

1. Ruang lingkup analisis adalah pemilihan azimuth dari sektor dalam merencanakan kegiatan optimasi pada jaringan selular Heterogen 3 sektor.
2. Menggunakan aplikasi Matlab dalam memodelkan algoritma GA dengan bantuan mapinfo untuk proses visualisasi dan analisis.

3. Kebenaran hasil penelitian dibuktikan berdasarkan pemilihan azimuth secara visual berdasarkan logika yang sistematis.



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 II

DASAR TEORI

Penelitian Terkait

Pengembangan jaringan selular mulai dari perencanaan hingga kepada proses optimasi telah mengalami perubahan, baik secara teknik maupun objektivitasnya [1]. Paper ini menjabarkan detail dari proses perencanaan dan optimasi jaringan selular dalam menghadapi teknologi 5G. Penjelasan yang diberikan tersebut mencakup tutorial dasar, trend dalam perencanaan jaringan, remodelan, dan tantangan dalam perencanaan jaringan ke depannya. Salah satu permasalahan dalam perencanaan yang menjadi perhatian saat ini adalah kebutuhan evolusi sel dari *macrocell* menjadi *small-cell*.

Perencanaan sel ini umumnya bertujuan untuk mengatasi permasalahan *coverage* dan kapasitas, seperti yang dilakukan pada jaringan 4G [8] [12]. Penelitian tersebut menggunakan salah satu jenis algoritma *meta-heuristic*, yakni *particle swarm optimization* (PSO), untuk menentukan lokasi optimal dari *base station*. Hasil pemilihan lokasi tersebut kemudian disimulasikan dengan menggunakan simulasi Monte-Carlo untuk menilai kinerja jaringan dan jumlah user yang terlayani. Selain itu, optimasi berbasis penggunaan daya pun dilakukan untuk melayani perubahan trafik yang diberikan. Model pencarian lokasi *base station* ini dilakukan berdasarkan model *hexagonal*. Meskipun penelitian dilakukan dalam format site -3 sektor, tetapi optimasi *azimuth* belum dilakukan dalam penelitian ini.

Penggunaan algoritma genetika juga dapat dilakukan dalam proses optimasi pemilihan lokasi site pada jaringan LTE [13]. Situasi dimana terjadi banyaknya *overlapping coverage* dan deman pelanggan yang tidak terlayani oleh kapasitas sistem menjadi target dari penelitian tersebut. Studi kasus pada kota Baghdad dimodelkan dalam 24 lokasi site berbasis teknologi LTE pada frekuensi 2.6 GHz, dengan menggunakan algoritma genetika. Setiap site yang akan digunakan terdiri dari 3 sektor dan harus dapat melayani seluruh area yang diberikan berdasarkan kapasitas yang dibutuhkan. Penelitian ini mampu melayani area dengan model *macrocell* 16.4% dari total area yang terlayani hingga 68.8%. [13]

Optimasi jaringan selular dalam lingkungan outdoor juga telah dilakukan dengan menggunakan algoritma genetika [14]. Permasalahan yang diangkat dalam penelitian tersebut



adalah kebutuhan untuk merelokasi *base station* berbasis 2G/3B menjadi site baru berbasis 4G/5G, sebagai fungsi dari *coverage*, trafik, konsumsi energi dan biaya konstruksi berdasarkan data *existing network*. Model konfigurasi setiap *base station* terdiri dari info geografis, tinggi antenna, daya transmit, *tilting*, *azimuth*, biaya dan kapasitas sistem. Selain itu, juga diberikan informasi mengenai radius sel berdasarkan model prediksi propagasi sederhana dalam mendefinisikan *interferensi*. Simulasi algoritma genetika ini memiliki 4 objektif, yakni *blank spot*, beban trafik, jumlah site, dan konsumsi energi. Simulasi berbasis aplikasi Matlab kemudian dilakukan dengan mengkombinasikan setiap kemungkinan variasi algoritma operasional, seperti jenis seleksi. Mutasi dan kawin silang. Meskipun telah disebutkan representasi site juga memuat informasi azimuth, tetapi proses dan hasil simulasi adalah berbasis omni-directional

Perencanaan jaringan dan optimasi *coverage* berbasis teknologi 5G dapat dilakukan dengan merujuk kepada standard 3GPP release 16 dan 17 [3]. Perencanaan dan optimasi ini dimaksudkan untuk relokasi *Mobile Campus Network* dalam memberikan layanan sesuai dengan kebutuhan aplikasi industri 4.0 [5]. Penelitian tersebut mengusulkan untuk menggunakan dominant path model (DPM sebagai model *loss* selama propagasi sinyal, yakni kombinasi dari rumusan empiris dan model *ray-tracing*. Model parameter yang digunakan dalam simulasi adalah antenna dengan daya pancar 10 dBm, frekuensi kerja pada pita 3.795 GHz dengan bandwidth 100MHz. Simulasi perencanaan dan optimasi ini kemudian dilakukan dengan menggunakan aplikasi Matlab dan WinProp [3].

Penggunaan algoritma genetika dalam proses perencanaan jaringan telah diusulkan dalam penelitian lain [15]. Algoritma ini digunakan untuk mengevaluasi kandidat penempatan access point untuk kebutuhan jaringan selular 5G pada kondisi indoor. *Model pathloss Indoor-Dominant pathloss Model* (DPM) telah digunakan untuk mengevaluasi untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, jika dibandingkan hanya dengan menggunakan *one-slope Multi-Wall* model. Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk mendapatkan minimum kebutuhan AP berdasarkan algoritma *Machine Learning* dan *Genetic Algorithm*. Hasil prediksi kemudian disajikan secara visual dalam basis data daya penerimaan. Penelitian menyimpulkan bahwa penggunaan algoritma genetika memberikan solusi dengan tingkat kesalahan prediksi pathloss kurang dari 3dB.

1. Penelitian yang menggunakan algoritma genetika untuk optimasi perencanaan jaringan selular 5G pada kondisi indoor.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



2.2 Teori Selular

2.2.1 Pengertian dan bentuk Sel

Satuan area layanan terkecil dalam jaringan komunikasi selular disebut dengan sel. Area layanan tersebut hanya dapat dilayani oleh sebuah channel sebagai jalur akses antara user dan jaringan. Dalam teknologi *Multiple Input Multiple Output* (MIMO), suatu sel boleh jadi dilayani oleh lebih dari satu *transceiver antenna*, tetapi hanya terdapat satu channel sebagai medium transmisinya. Dengan kata lain penambahan channel berarti menambah jumlah sel lainnya, meskipun masih berada dalam antenna, sektor ataupun site yang sama.

Secara fisik, sel merupakan bentuk pancaran penerimaan sinyal pada lantai, permukaan tanah ataupun pada ketinggian tertentu dengan level daya yang telah ditetapkan sebagai batasan selnya. Bentuk area dengan penerimaan daya tersebut bisa juga di sebut *foot print* dari suatu sel. Dalam makna lainnya, juga dapat diartikan sebagai batasan area dimana pelanggan dapat dilayani oleh channel pada sel tersebut. Dalam beberapa teknologi selular seperti sistem *Code Division Multiple Access* (CDMA) atau *Wide-band CDMA* (WCDMA), definisi sel tidak hanya ditentukan oleh level kuat sinyal penerimaan saja, tetapi juga dipengaruhi oleh kualitas penerimaan sinyal tersebut, seperti *Sinyal to Interference Ratio* (SIR).

Pada kasus sel yang terisolasi (*standalone*), batasan sel dapat dinyatakan sebagai level penerimaan daya sinyal minimum yang dapat ditolerir oleh perangkat penerima (*receiver*). Besaran daya ini pun bervariasi bergantung pada jenis teknologinya. Jika pada jaringan seperti WiFi daya terima minimum boleh jadi hingga -70dBm , tetapi pada teknologi 3G daya terima minimum bisa mencapai hingga -90dBm . Sedangkan pada kasus penempatan sel secara jamak, batasan sel dinyatakan sebagai dominasi daya dan atau kualitas penerimaan sinyal terkuat pada area tersebut. Dengan kata lain, meskipun *receiver* menerima sinyal dari sel terdekat lainnya, tetapi mereka dapat diabaikan atau dapat juga dikategorikan sebagai interferensi jika keberadaannya tidak diinginkan [15].

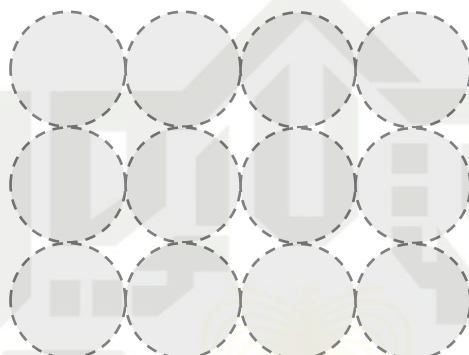
Bentuk *footprint* penerimaan pancaran suatu sel bergantung pada jenis antenna dan cara penempatannya di suatu sektor atau site. Pada penggunaan antenna jenis *omni-directional*, sel umumnya dimodelkan sebagai bentuk lingkaran. Sedangkan pada antenna *beam-directional*, sel boleh jadi dimodelkan sebagai bujur sangkar, segitiga atau hexagonal, bergantung pada kebutuhan analisis yang akan dilakukan (lihat gambar 2.1). Dalam hal ini posisi antenna boleh jadi ditengah bangunan datar tersebut, tetapi tidak tertutup kemungkinan diantara titik-titik sikunya.

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.

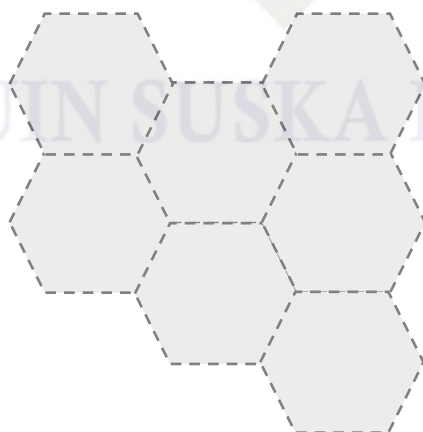


Gambar 2. 1 Bentuk sel yang umum digunakan dalam pemodelan selular



Gambar 2. 2 Penempatan sel model lingkaran pada konfigurasi multisel

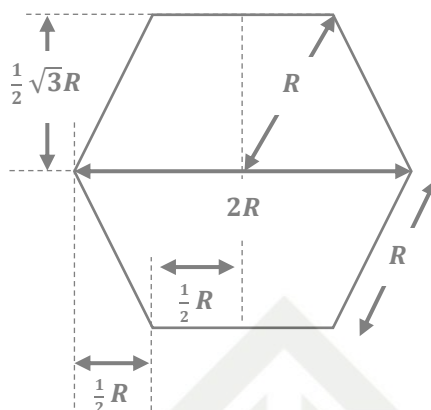
Jika sel ditempatkan secara jamak pada layout perencanaan, maka setiap model ini memiliki kelebihan dan kekurangan. Pada model sel lingkaran, penempatan multi-selnya akan meninggalkan area blankspot di antara sel-sel tersebut (lihat gambar 2.2). Hal ini dapat menyebabkan kondisi yang ambigu untuk dominasi sel yang dapat melayani area tersebut. Karena itulah model lingkaran tidak begitu populer untuk digunakan dalam perencanaan multi-sel pada jaringan selular.



Gambar 2. 3 Penempatan sel model hexagonal pada konfigurasi multisel

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip sumbernya dan menyebutkan sumbernya.
 - 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 4 Model dimensi sel hexagonal [4]

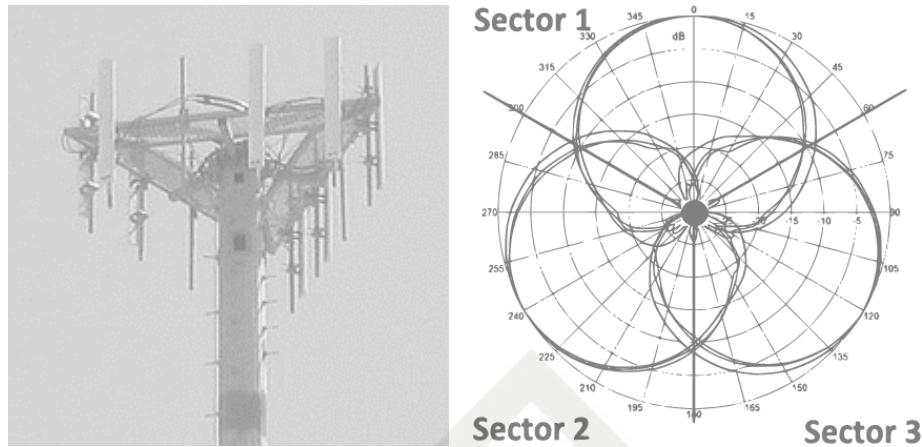
Berbeda halnya ketika model hexagonal yang digunakan dalam, memudahkan analisis untuk mendefinisikan posisi dari setiap sel nya tanpa meninggalkan area-area *blank spot* (lihat gambar 2.3). Meskipun terdapat bentuk-bentuk lainnya, tetapi hexagonal lebih populer dalam menggambarkan area layanan secara *multi-sel*. Hexagonal ini sebagaimana yang telah diketahui memiliki dimensi seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.4.

2.2.2 Sektor

Sektor merupakan area layanan dari suatu site dimana semua antenna-nya memiliki pengarahannya bidang *horizontal* atau *azimuth* yang sama. Ketika suatu site menggunakan antenna dengan jenis *omni-directional*, maka dapat dikatakan site tersebut hanya memiliki satu sektor, meskipun pada sektor tersebut juga terdapat beberapa sel. Jika hanya terdapat satu sel, maka definisi site, sektor dan sel akan menjadi sama. Tetapi ketika suatu site menggunakan beberapa antenna *beam-directional*, maka dapat dikatakan site tersebut boleh jadi memiliki lebih dari satu sektor. Pengarahan antenna pada setiap sektornya kemudian akan memiliki zona spatial yang berbeda yang mendefinisikan area layanannya. Pada sistem MIMO, setiap sektor dapat dilayani oleh beberapa antenna sekaligus baik sebagai *transmitter* maupun *receiver*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber dan menyebutkan nama penulisnya.
 - 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 5 Radiasi antenna sektoral pada suatu site [6]

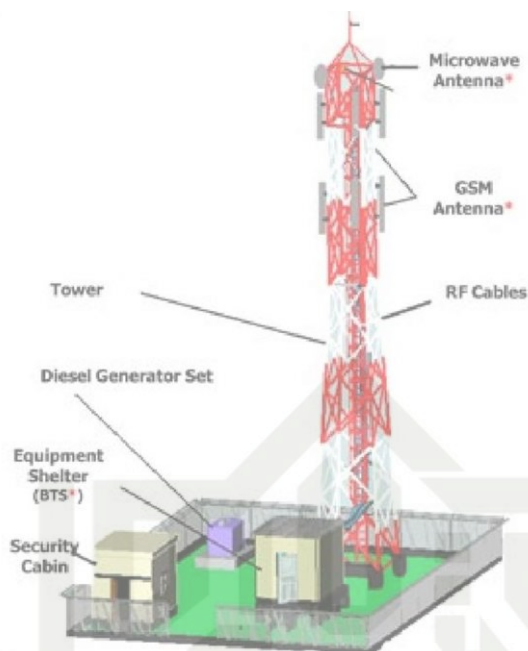
Untuk memudahkan dalam mengenali, sektor diberi nama atau identitas berdasarkan urutan penomorannya. Penomoran sektor dimulai dari arah utara pada bidang azimuthnya berputar se-arah jarum jam. Jika pada suatu site terdapat tiga sektor, maka penomoran sektor dapat dibagi menjadi $3 \times 120^\circ$ zona azimuth, yakni 120° pertama adalah sektor-1, $120^\circ - 240^\circ$ adalah zona untuk sektor-2 dan sisanya adalah sektor-3 [7]. Pemilihan sudut sektor yang umum seperti ini diberikan oleh gambar 2.5. Meskipun demikian, dalam proses optimasi, hampir sebagian besar site akan mengalami perubahan sudut *azimuth* pada setiap sektornya.

2.2.3 Site

Site merupakan titik lokasi dimana *base station* dipasang dan sekaligus di mana tower atau antenna berada. Koneksi antara base station dengan antenna umumnya dihubungkan oleh sistem feeding dengan redaman kisaran 2dB, sehingga jarak antar keduanya tidak akan melebihi 100 meter bergantung pada jenis dan nilai redaman feeder yang digunakan. Metoda penempatan antenna ini dapat dipasang dalam beberapa cara, diantaranya adalah *green field tower/pole*, *roof top pole*, *wall mounting* dan *in building coverage*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 6 Site Green field Tower [2]

Jika suatu site memerlukan tinggi antenna melebihi 25 meter, maka perlu untuk membangun *green field tower* atau *pole* (lihat gambar 2.6). Penyangga berjenis pole biasanya diperuntukan untuk ketinggian sedang antara 15 – 25 meter, sedangkan tower jika diinginkan ketinggian lebih, tergantung pada jenis konstruksinya. Keuntungan site jenis ini adalah kemudahan dalam mengakses antenna kapan pun. Tetapi pada lingkungan *urban* dimana keberadaan lahan tidak tersedia maka *roof top* tower atau pole dapat digunakan. Ketinggian antenna dapat dicapai dengan memanfaatkan ketinggian atap gedung atau ruko dan shelter dipasang diatas atap dimana tower atau pole tersebut berada, sebagaimana yang diperlihatkan oleh gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Pemasangan antenna dengan metoda Rooftop pole

2.4

Cluster

Berdasarkan definisi cluster merupakan kumpulan site dimana setiap sel-selnya bersifat unik. Keunikkan sel tersebut dapat ditentukan oleh karakteristik channel berdasarkan jenis sistem akses jamak nya. Pada sistem *Frequency Division Multiple Access* (FDMA), channel dibedakan berdasarkan bandwidth yang digunakan oleh setiap sel. Tetapi sistem yang berbasis code seperti sistem *Code Division Multiple Access* (CDMA), channel dapat dibedakan berdasarkan kode yang digunakan, sehingga interferensi akan terjadi antar sesama channel dalam makna bandwidth.

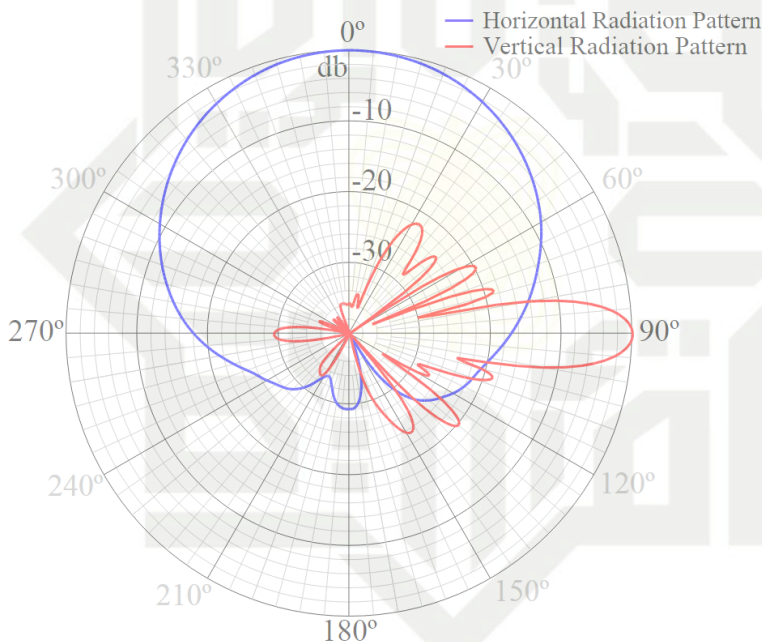
Metoda reuse yang digunakan pada jaringan selular memungkinkan channel yang sama dapat digunakan kembali pada cluster lainnya, sehingga efisiensi penggunaan channel-nya dapat ditingkatkan. Adapun jarak antara channel yang sama antar cluster yang berdekatan disebut sebagai jarak reuse. Secara teori, jika site ditempatkan secara *uniformly* (seragam), maka jarak reuse ini dapat didefinisikan dengan jelas. Tetapi pada kenyataannya, penempatan site cenderung bersifat acak sehingga baik ukuran maupun bentuk sel menjadi tidak beraturan (*heterogen*) baik dalam cluster maupun antar clusternya.

2.2.5 Analisis Coverage

Coverage merupakan pendefinisian area layanan dari suatu sel, dimana setiap *user* akan dilayani oleh sel tersebut. *Coverage* dapat dianalisis dalam dua sudut pandang berbeda, yakni *coverage* berdasarkan kuat sinyal penerimaan dan kualitas sinyal penerimaan. Pada sel dengan ukuran yang relatif luas seperti macrocell atau bahkan gigacell, *coverage* ditentukan oleh kekuatan penerimaan sinyal baik secara downlink maupun uplink. Di sini, permasalahan *blankspot* atau keseimbangan antara *coverage uplink* dan *downlink* sering muncul dalam proses analisis. Tetapi pada sel dengan ukuran lebih kecil, *coverage* harus didefinisikan berdasarkan kualitas penerimaan sinyalnya. Hal ini dikarenakan oleh jangkauan yang relatif sempit tidak akan menimbulkan permasalahan dalam hal kuat sinyal, melainkan terjadinya interferensi yang berlebihan antar sel yang berdekatan. Bahkan boleh jadi terjadi *overshooting* dari sel-sel yang berada pada tiers ke dua atau lebih. Dengan kata lain, *coverage* setiap sel memungkinkan untuk saling tumpang tindih satu sama lainnya.

Dalam komunikasi *wireless*, *coverage* suatu sel sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti karakteristik antenna, *azimuth*, *downtilt*, ketinggian instalasi antenna dan daya pancar.

Ketika suatu sel menggunakan antenna dengan jenis *omni-directional*, analisis coverage dapat digambarkan dalam bentuk lingkaran atau *hexagonal* dimana site atau sel tersebut berada di titik tengahnya. Tetapi ketika sel dilayani dengan menggunakan antenna *beam-directional*, penyebaran sel menjadi kurang efektif dimana interferensi dan blankspot akan menjadi permasalahan dalam mendefinisikan *coverage* sel. Hal ini umumnya disebabkan oleh pola radiasi antenna seperti yang diperlihatkan oleh gambar 2.8. Sehingga berdasarkan bentuknya, pola sel untuk digambarkan secara seragam dan analisis coverage pun harus disimulasikan secara menyeluruh dan detail.



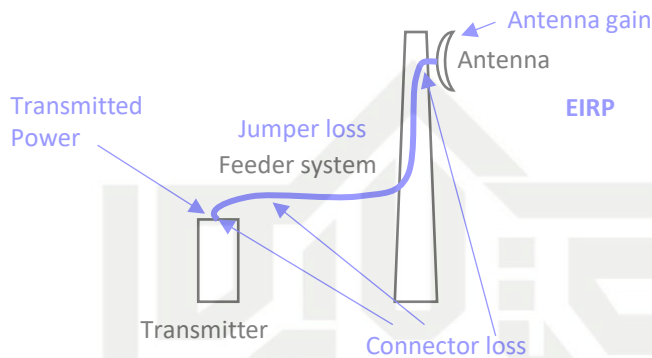
Gambar 2. 8 Pola radiasi pada antenna Kathrein 80010665v01 [4]

Selain itu, perbedaan ketinggian instalasi antenna, *downtilt* dan daya pancarnya pun akan bervariasi bergantung pada kondisi dan situasi dari jaringan *wireless* di mana akan dibangun. Semakin kecil *downtilt* yang digunakan, maka semakin jauh juga *coverage* yang dapat dicapai. Bahkan ketika power yang digunakan terlalu besar, jangkauan *coverage* bisa mencapai jarak yang sangat jauh sehingga memungkinkan terjadinya *overshooting*.

Analisis link budget umumnya digunakan untuk merencanakan kuat sinyal yang akan diperoleh dalam radius coverage yang diinginkan. Analisis ini diawali dengan menghitung nilai

1. Dilarang mengutip atau menyalin 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) dari suatu sel. Nilai ini ditentukan oleh beberapa parameter, seperti: daya pancar, redaman saluran feeder (*feeding loss*) dan penguatan antenna di mana penggambaran EIRP ini diperlihatkan oleh gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Analisis perhitungan EIRP [15]

Setelah EIRP ditentukan, analisis link budget kemudian beralih kepada besarnya redaman yang dialami gelombang elektromagnetik selama berpropagasi menuju *receiver*. Redaman ini ditentukan oleh model *pathloss* sebagai fungsi dari jarak dan frekuensi, model *multipath*, *body loss*, *atmosphere loss* dan lain sebagainya. Pada sel dengan ukuran *microcell* hingga *gigacell* model *pathloss* yang umum digunakan adalah *free space loss* (FSL) dengan persamaan sebagai berikut:

$$FSL(d) \equiv \left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2 \quad 2.1$$

di mana P_t adalah daya pancar dalam satuan watt, $P_r(d)$ adalah daya terima pada jarak d meter, λ adalah panjang gelombang *carrier* dalam satuan meter, G_t dan G_r adalah penguatan sinyal yang diberikan oleh antenna pemancar dan penerima.

Meskipun persamaan ini memberikan pelemahan daya pada ruang hampa, tetapi dalam teknik simulasi sering digunakan sebagai model rugi-rugi propagasi sinyal dalam situasi *yang line of sight* (LoS). Perpaduan model propagasi lainnya yang sering juga digunakan adalah seperti model Okumura-Hatta, Ikegami, COST231 dan lain sebagainya. Model ini merupakan turunan dari persamaan FSL, *multipath*, dan *loss-loss* lainnya selama propagasi sinyal. Penggunaan model-



model pathloss ini masing-masing memiliki kriteria berdasarkan frekuensi kerja, ketinggian antenna dan jarak penerimaan.

Ketika *pathloss* telah didefinisikan maka penerimaan daya pada jarak d meter dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r}{FSL} \quad 2.2$$

dimana penguatan yang diberikan oleh masing-masing antenna merupakan kontribusi penguatan masing-masing pola radiasi sebagai fungsi dari sudut kedatangan sinyal ke titik penerimaan:

$$G_{dB}(d) = G_{max,dB} + g_{H,dB}(\alpha) + g_{V,dB}(\theta) \quad 2.3$$

Sedangkan kualitas penerimaan sinyal dihitung sebagai rasio kuat sinyal dari sel yang diinginkan terhadap akumulasi penerimaan sinyal dari sel-sel lainnya, sebagai berikut:

$$SINR(i) = \frac{P_r(i)}{P_N + \sum_{k \neq i} P_r(k)} \quad 2.4$$

dimana P_N adalah daya noise thermal dalam satuan watt dan $P_r(i)$ adalah kuat sinyal penerimaan daya dalam satuan watt pada titik- i (lihat persamaan 2.2). Adapun besarnya daya *noise thermal* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$P_N = k \times T \times B \quad 2.5$$

dimana k adalah konstanta Boltzman, T adalah suhu dalam satuan Kelvin dan B adalah *bandwidth* yang digunakan.

Mekipun demikian untuk *bandwidth* 5MHz dan pada suhu 300° K, daya noise ini sangat kecil dan boleh jadi diabaikan dalam perhitungan yang lebih sederhana,, yakni berkisar:

$$P_N = 10 \log(1.38 \times 10^{-23} \times 300 \times 5 \times 10^6) \approx -136.84 \text{ dBm} \quad 2.6$$

Hasil yang diperlihatkan pada persamaan 2.6 ini jauh lebih kecil jika dibandingkan ketika sinyal dapat diabaikan, yakni lebih kecil dari -100 dBm.

2.3 Algoritma Genetika

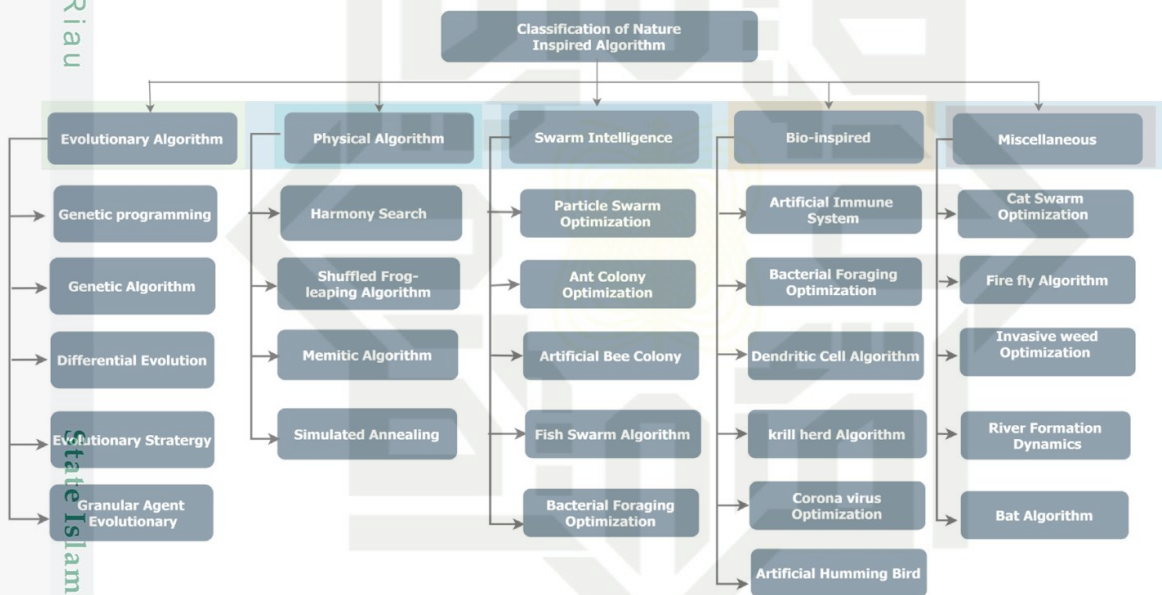
2.3.1 Definisi

Genetic Algorithm (GA) merupakan varians dari algoritma *meta-heuristic* (lihat gambar 2.10), yakni algoritma pencarian solusi yang berorientasi pada optimasi komputasi yang dihasilkan [9]. Dalam teknik perencanaan jaringan selular, algoritma GA sangat populer digunakan dalam

menentukan berbagai parameter radio karena kemudahan implementasi dan keuntungan-keuntungan lainnya [16],

suatu solusi boleh jadi permutasi dari beragam parameter yang tidak mungkin dapat dihitung secara utuh meskipun menggunakan komputer tercanggih saat ini. Sehingga dibutuhkan metode cepat untuk mendapatkan hasil yang optimal dengan memperhatikan jumlah komputasinya. Algoritma ini bekerja dengan menggunakan prinsip survival makhluk hidup sebagaimana halnya teori evolusi Charles Darwin.

Secara umum algoritma genetika bekerja dengan menghitung nilai fitness dari masing-masing individu pada setiap generasi populasi. Dengan berdasarkan nilai inilah setiap individu dapat ditentukan apakah dapat bertahan atau tereleminasi pada generasi berikutnya [10] [11].

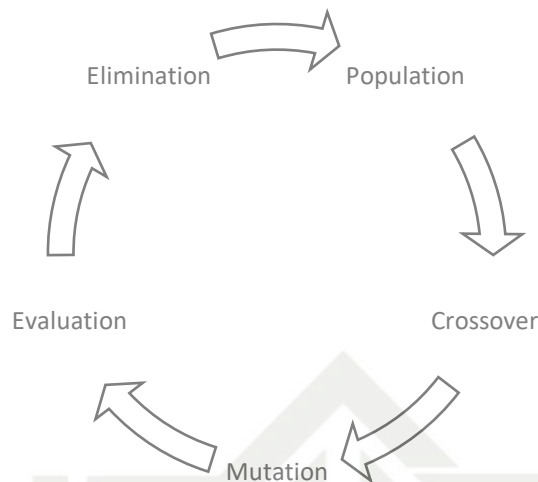


Gambar 2. 10 Klasifikasi *Meta-Heuristic Algorithm* [9]

1. Dilarang mengutip atau sebagian atau seluruhnya tanpa 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip sumbernya.
- 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.



Gambar 2. 11 Siklus algoritma Genetika

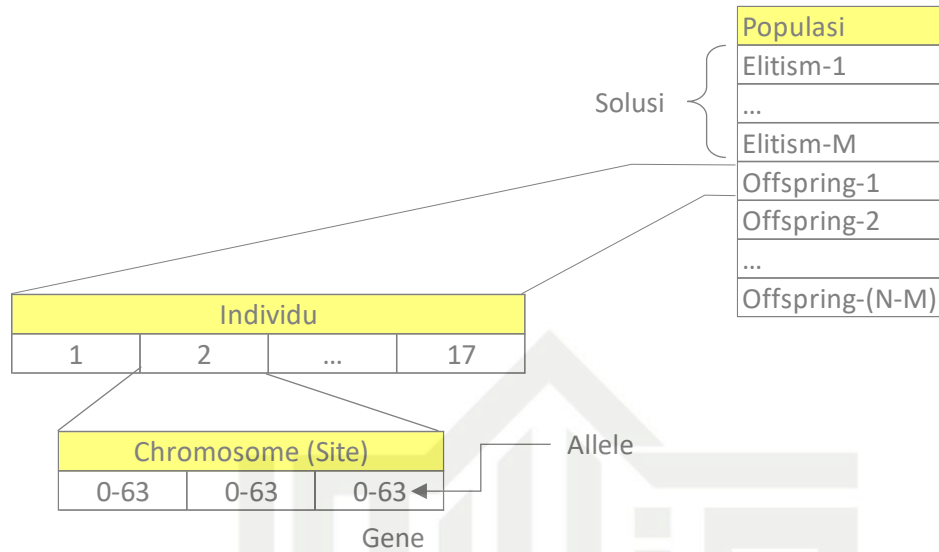
Prinsip dasar kerja algoritma ini adalah berdasarkan siklus pembangkitan generasi yang semakin kompeten menghadapi proses eliminasi alam. Setiap siklus ini melibatkan beberapa proses yakni: evaluasi (*fitness* dan eliminasi), reproduksi (*crossover* dan *Mutation*) dan eliminasi sebagaimana yang diperlihatkan oleh gambar 2.11. Penjelasan lebih lanjut untuk setiap proses tersebut akan diberikan pada sub-bab selanjutnya.

3.2 Populasi

Populasi merupakan kumpulan dari solusi yang dapat digunakan dalam memecahkan permasalahan yang sedang dibahas. Setiap solusi direpresentasikan sebagai sebuah individu yang berada dalam populasi di suatu generasi. Generasi awal dapat dibangkitkan baik secara acak maupun dengan pola-pola tertentu dan disebut sebagai populasi inisial. Sedangkan untuk populasi selanjutnya dapat didefinisikan berdasarkan proses *crossover* (perkawinan antar 2 individu) dan *mutation* (perubahan gen). Pada setiap generasinya, populasi baru akan dipilih kembali dengan jumlah populasi yang sama melalui proses eliminasi untuk menjaga kestabilan pertumbuhan komputasi pada generasi selanjutnya. Struktur setiap populasi ini dapat dilihat pada gambar 2.12 berikut.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip sumbernya.
- 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 12 Struktur populasi pada algoritma

Dalam algoritma genetika, solusi permasalahan dapat dimodelkan sebagai kumpulan dari beberapa chromosome yang membentuk suatu individu. Chromosome ini dapat dianalogikan sebagai parameter-parameter yang mempengaruhi suatu solusi. Pembentukan chromosome ini kemudian disusun berdasarkan beberapa jenis gen. Adapun jenis atau nilai gen ini disebut sebagai *allele*. Misalkan dalam perihal perencanaan jaringan selular, chromosome dapat dipandang sebagai konfigurasi dari suatu site. Sedangkan konfigurasi dari setiap sel atau sektoralnya dapat dilihat sebagai gen dari suatu chromosome.

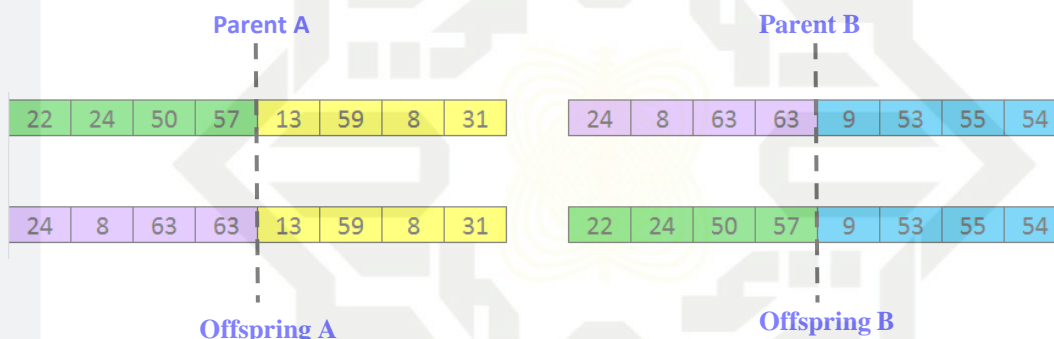
Pada gambar 2.12, penggambaran dari setiap populasi tidak hanya terdiri dari *offspring* (anak) dari proses perkawinan dan mutasi saja, tetapi juga meliputi individu elitism. Individu elitism ini merupakan penyempurnaan dari algoritma genetika untuk mempertahankan kriteria fitness terbaik yang pernah dihasilkan dalam setiap generasinya [17]. Adapun jumlah dan bagaimana proses atau susunan dari setiap populasi, bergantung dari permasalahan yang akan dipecahkan berdasarkan metoda genetika. Meskipun demikian semakin banyak jumlah populasi yang diberikan untuk setiap generasinya, akan semakin menambah jumlah komputasi yang diperlukan dalam sistem GA tersebut.

2.3.3 Crossover (perkawinan)

Crossover merupakan operator *evolutionary computation* atau secara spesifik digunakan juga pada algoritma genetika untuk mengkombinasikan informasi genetik dari dua induk yang

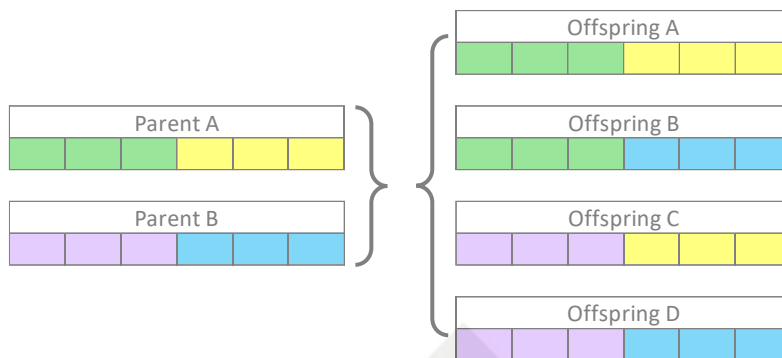
berbeda untuk menghasilkan *offspring* (anak). Umumnya informasi yang dibawa oleh masing-masing induk disajikan dalam bentuk urutan bit ataupun angka bergantung pada model sistem representasinya. Operasinya ini dapat menghasilkan kombinasi potongan informasi dari kedua induknya bergantung pada metoda pemotongan yang digunakan. Beberapa metoda tersebut diantaranya adalah *one-point crossover* (satu titik pemotongan), *k-point crossover* (sejumlah k titik pemotongan), *uniform crossover* (random titik pemotongan) dan lain sebagainya.

Meskipun banyak metoda yang telah dikembangkan dalam memotong urutan bit informasi pada kedua induk tersebut, proses perkawinan informasi dapat dilakukan dengan memberikan peluang apakah informasi dapat diturunkan secara langsung (*copy-paste*) dari induknya ataupun dengan melakukan *rekombinasi*. Berikut contoh operasi *fixed one-point crossover* seperti yang diperlihatkan dalam gambar 2.13 berikut.



Gambar 2. 13 Metoda *fixed one- point crossover*

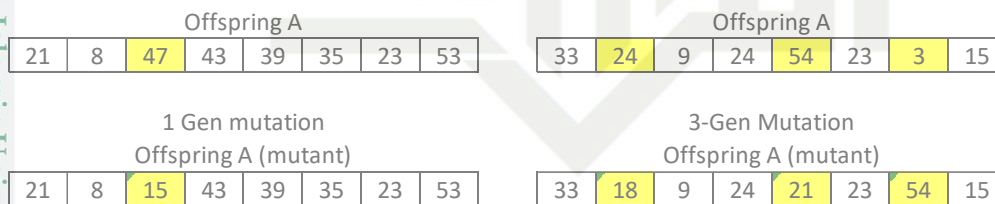
Operasi *crossover* umumnya dilakukan dengan peluang tertentu yang lebih besar, yakni $> 50\%$. Meskipun demikian masih terdapat peluang yang menyebabkan tereleminasinya potensial induk pada generasi selanjutnya. Hal ini dapat diatasi dengan memperbanyak jumlah offspring sehingga, setiap induk akan memiliki 2 anak dengan informasi yang identik (*copy-paste*) dengan induknya semula sebagaimana yang diperlihatkan dalam gambar 2.14.



Gambar 2. 14 Metoda Crossover dengan copy-paste parent

2.3.4 Mutation (perubahan gen)

Mutation merupakan operator kedua dalam proses reproduksi (*offspring*) untuk mengubah informasi hasil *crossover* pada algoritma genetika. Operator ini umumnya digunakan dengan peluang yang lebih kecil pada setiap *offspring* yang dihasilkan sebelumnya. Jika informasi disajikan dalam bentuk *binary*, perubahan ini direpresentasikan dalam bentuk pertukaran bit “0” menjadi bit “1” atau sebaliknya. Tetapi jika informasi disajikan dalam bentuk angka, perubahan dapat dilakukan dengan proses randomisasi angka sesuai dengan rentang yang diberikan dalam sistem genetika nya. Adapun nilai peluang yang diberikan untuk operasi ini pada setiap *offspring* adalah 0,2 atau lebih kecil.



Gambar 2. 15 Proses mutasi pada offspring dengan 1-gen mutation dan 3-gen mutation

2.3.5 Fungsi Fitness

Fungsi *fitness* digunakan menguji ketahanan setiap individu untuk bertahan menjadi generasi selanjutnya. Oleh karena itu setiap persoalan yang akan dipecahkan dengan menggunakan algoritma ini memiliki fungsi *fitness* yang berbeda-beda tergantung pada sudut pandang dalam melakukan pemodelan permasalahan tersebut. Dalam kasus perencanaan dan optimasi jaringan selular, fungsi *fitness* ini harus merupakan representasi kinerja jaringan.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Karakteristik Penelitian

3.1.1 Sifat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan metoda simulasi, karena ketersediaan lapangan yang tidak memungkinkan untuk diakses. Untuk dapat menilai tingkat keberhasilan algoritma GA, maka diperlukan konfigurasi pembanding yang dianggap ideal (*default*) berdasarkan pengalaman perencanaan radio. Oleh karena itu kegiatan penelitian ini dapat dikategorikan sebagai *laboratory research*.

Informasi dan data yang digunakan dalam penelitian ini bersifat *numerik*. Maksud dari numerik disini adalah seluruh proses pemodelan disajikan dalam bentuk model matematis, yakni berupa angka. Sehingga berdasarkan jenis datanya dapat juga diklasifikasikan sebagai *Quantitative research*.

3.1.2 Kebutuhan Penelitian

Mengingat penelitian dilaksanakan berdasarkan simulasi, maka beberapa peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Komputer : digunakan untuk menjalankan seluruh aplikasi berbasis komputer
- Aplikasi Ms. Excel: digunakan sebagai alat bantu hitung dan penyajian data
- Aplikasi Ms. Word: digunakan dalam penulisan laporan
- Aplikasi Ms. Power point: digunakan dalam membuat materi presentasi
- Aplikasi Matlab; digunakan untuk merancang simulator dan algoritma GA
- Aplikasi Mapinfo: digunakan untuk penyajian data radio secara visual
- Alat tulis: alat bantu dalam pemodelan

Adapun jadwal kegiatan penelitian ini dirancang untuk 4 bulan atau 16 minggu kalender. Rincian kegiatan tersebut dijelaskan dalam tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jadwal kegiatan penelitian

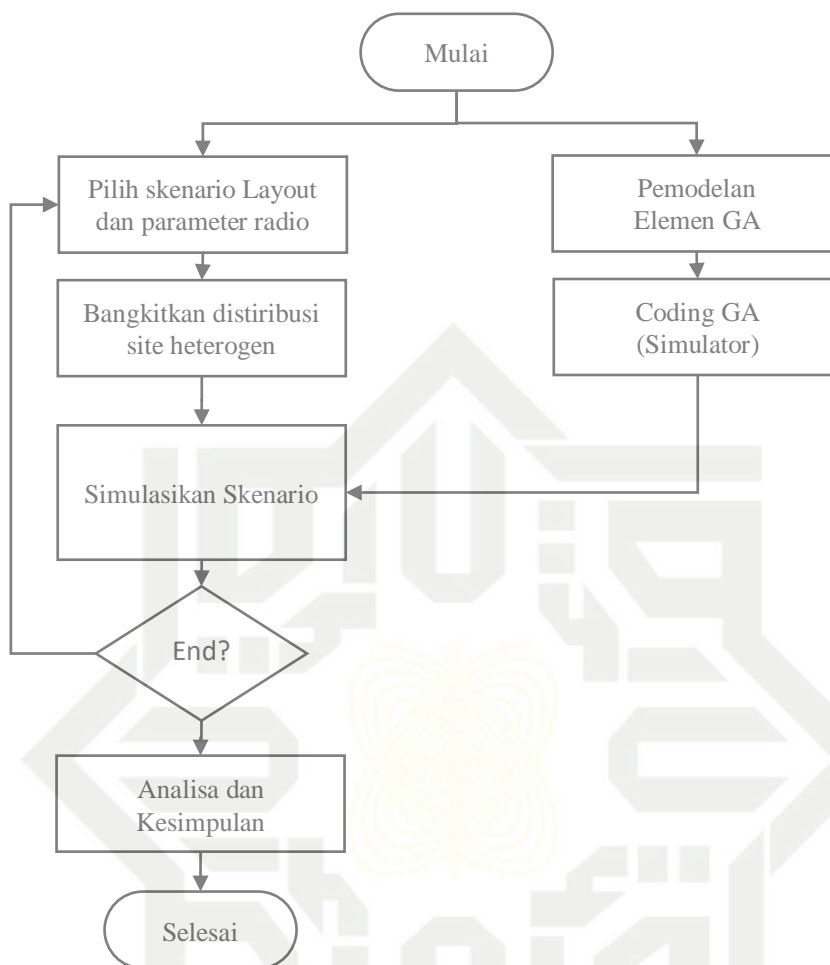
No	Kegiatan Penelitian	Pelaksanaan Minggu ke															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A Proposal																	
1	Pengembangan tema	■	■	■	■												
2	Pencarian referensi		■	■	■												
3	Pembahasan metode			■	■	■											
4	Judul dan kontribusi				■	■											
5	Penulisan proposal					■	■	■									
6	Slide dan persiapan						■	■	■								
7	Seminar								■	■	■						
B Simulator Radio																	
1	Pemodelan parameter						■	■	■								
2	Coding Matlab							■	■	■							
C Algoritma GA																	
1	Pemodelan elemen									■	■	■					
2	Coding Matlab										■	■	■				
D Analisis																	
1	Rancangan Skenario										■	■	■	■			
2	Simulasi											■	■	■	■		
3	Pembahasan												■	■	■	■	
E Laporan penelitian																	
1	Penulisan buku											■	■	■	■	■	■
2	Slide presentasi															■	■
3	Sidang Akhir																■

3.1.3 Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan memodel algoritama GA dan simulator radio untuk proses validasi hasil keluaran dari algoritma GA. Baik algoritma GA dan simulator radio, keduanya dibuat dengan menggunakan aplikasi Matlab, dimana sebelumnya diperlukan proses pemodelan elemen dan parameter secara matematis. Adapun langkah-langkah penelitian diberikan oleh gambar 3.1 berikut.

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.



Gambar 3. 1 Tahapan penelitian

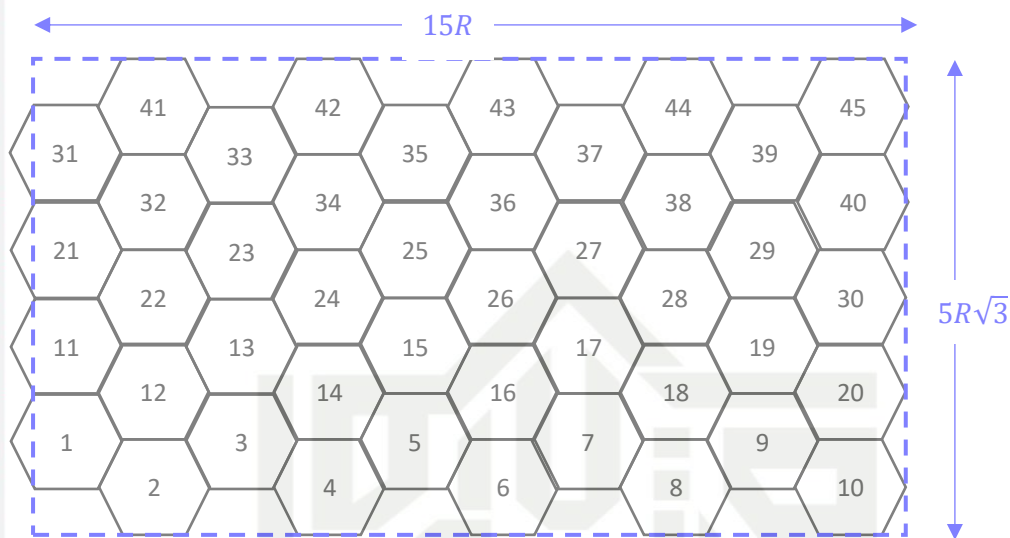
3.2 Skenario Parameter RF

3.2.1 Model *Layout* dan *Heterogenous Cellular Network*

Layout simulasi merupakan area yang akan dianalisis kinerja konfigurasi jaringan selulernya. Area ini merupakan *coverage* yang dibentuk oleh 45 *uniformly hexagonal distributed site* (terdistribusi seragam secara *hexagonal*), untuk mendapatkan tingkat kesulitan pemilihan parameter radio yang cukup memadai. Total area layanan ini akan membentuk persegi dengan dimensi panjang kali lebar seluas $15R \times 5R\sqrt{3}$, di mana R adalah radius dari *hexagonal* (lihat gambar 3.2).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

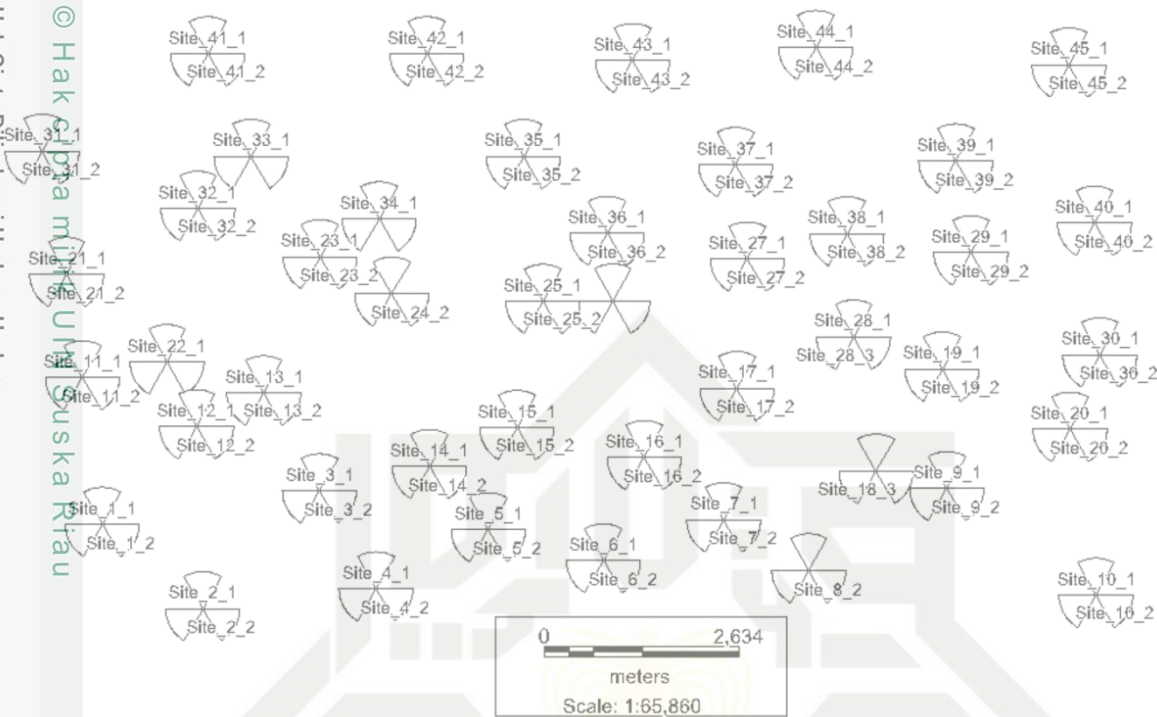
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



Gambar 3. 2 Layout simulasi yang dilayani oleh 45 site

Untuk memudahkan identifikasi lokasi *site*, sistem koordinat Cartesian diadopsi dengan titik *origin* berada pada sudut kiri-bawah sebagai koordinat (0,0). Sedangkan penampilan hasil secara visual dapat menggunakan aplikasi mapinfo dengan terlebih dahulu mengkonversikan sistem koordinat Cartesian ini kepada sistem koordinat bumi dengan asumsi 1° pada koordinat bumi setara dengan 111.32 km (pengukuran Mapinfo pada latitude 0°).

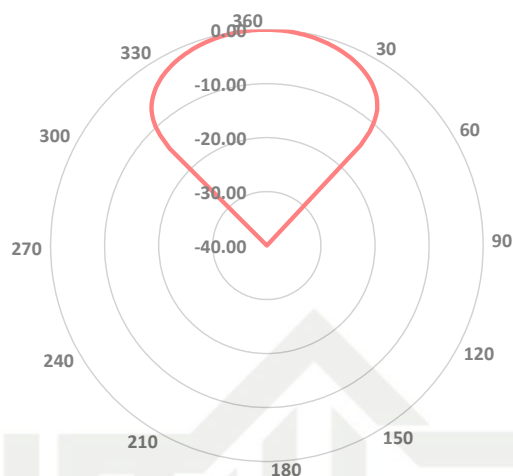
Kemudian untuk mendapatkan sifat *heterogenous* dari jaringan, posisi *site* yang semula berada di pusat masing-masing hexagonal, akan diacak kembali baik secara horizontal maupun vertikal sejauh $\pm 50\%$. Sehingga jarak terdekat antar site $0.25R$ dan jarak terjauh antar site adalah $\approx 4.33R$. Dengan kata lain, jika radius hexagonal ditetapkan 1000 m, maka coverage terkecil yang harus dicapai adalah 125 meter dan coverage terbesar adalah sejauh sekitar 2.16 km. Artinya jaringan selular dapat mencakup variasi ukuran dari picocell hingga ke macrocell, dan dapat didefinisikan sebagai heterogenous network. Berikut hasil pembangkitan distribusi site dalam *herogenous network* sebagaimana yang diperlihatkan oleh gambar 3.3 dan parameter RF nya pada lampiran A



Gambar 3. 3 Pembangkitan *Heterogenous Cellular Network*

3.2.2 Perhitungan Antenna Gain

Penguatan yang diberikan oleh antenna dihitung berdasarkan karakteristik HPBW yang diasumsikan sebesar 60° , di mana penurunan gain adalah berdasarkan fungsi *cosinus*. Hal ini dilakukan untuk membedakan ketepatan antenna yang mengarah pada titik penerimaan dalam rentang HPBW tersebut. Sehingga selain arah tersebut dapat diberikan penguatan antenna minimum, yakni -40dB untuk mengkompensasi daya pancar yang diberikan oleh *transmitter*. Meskipun kenyataannya penguatan ini diberikan oleh radiasi pada bidang horizontal dan vertical, tetapi demi penyederhanaan perhitungan distribusi penguatan hanya diberikan oleh bidang *azimuth*. Model penguatan ini relatif yang diberikan oleh bidang *azimuth* ini dimodelkan oleh gambar 3.4 dimana penguatan antenna *maksimumnya* (G_{max}) diasumsikan 17dBi , sebagaimana halnya antenna yang umum digunakan pada jaringan selular.



Gambar 3. 4 Model radiasi antenna

Untuk dapat menghitung besarnya penguatan yang dirasakan *receiver* pada sembarang titik, maka perlu untuk mendefinisikan pengarahannya *sektoral* atau sudut kedatangan sinyalnya, relatif terhadap titik tersebut (misalkan sudut ini disebut sebagai φ). Adapun nilai sudut kedatangan ini dapat didefinisikan sebagai fungsi dari koordinat *base station* (x_b, y_b) terhadap koordinat titik penerimaan sinyal (x_s, y_s) sebagaimana yang diperlihatkan oleh gambar 3.5.

Berdasarkan nilai *azimuth* dari sektor α_i dan sudut kedatangan sinyal pada suatu titik penerimaan φ_s , maka penguatan antenna pada bidang horisontal dapat dihitung:

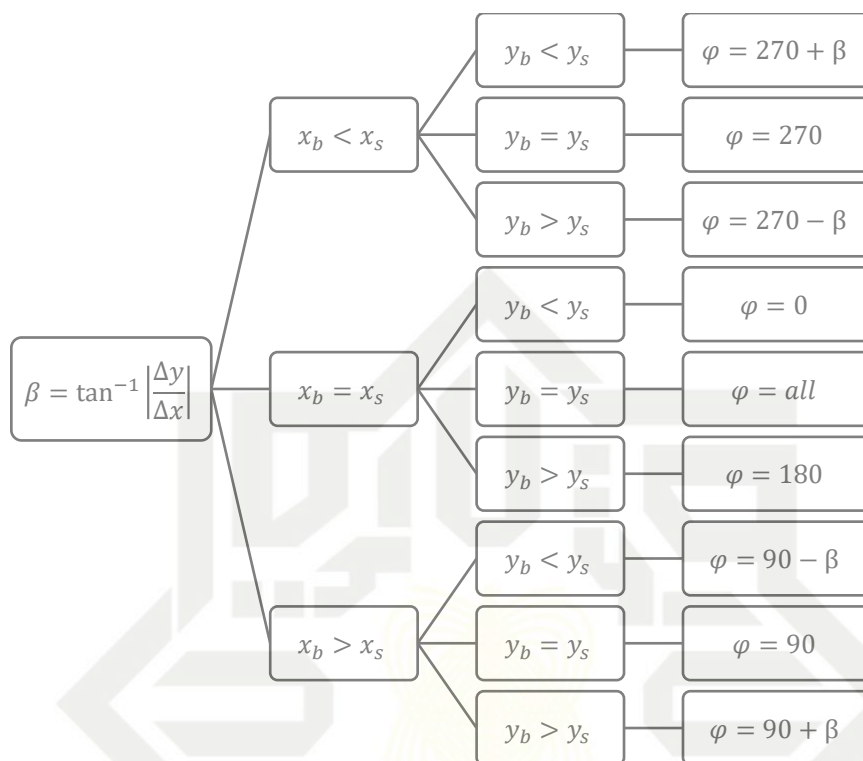
$$g(\alpha_i, \varphi_s)_H = \text{mod}(360 - (\alpha_i - \varphi_s), 360) \quad 3.1$$

Untuk mengantisipasi error pada hasil perhitungan matriks untuk nilai 0, maka perlu dilakukan modifikasi menjadi:

$$g(\alpha_i, \varphi_s)_H = \begin{cases} \alpha_i = \varphi_s & 0 \\ \alpha_i \neq \varphi_s & \text{mod}(360 - (\alpha_i - \varphi_s), 360) \end{cases} \quad 3.2$$

Hasil ini akan digunakan untuk merujuk pada pola radiasi antenna yang terdefinisi pada $1^\circ \sim 360^\circ$ sebagaimana yang diperlihatkan pada gambar 3.5. Jika penguatan tersebut didefinisikan dalam step 1° , maka nilai dari $g(\alpha_i, \varphi_s)_H$ harus dibulatkan terlebih dahulu. Sehingga total penguatan yang diberikan antenna adalah:

$$g_{ant} = G_{max} + g(\alpha_i, \varphi_s)_H \quad 3.3$$



Gambar 3. 5 Algoritma penentuan sudut kedatangan φ

3.2.3 Pengkodean parameter RF

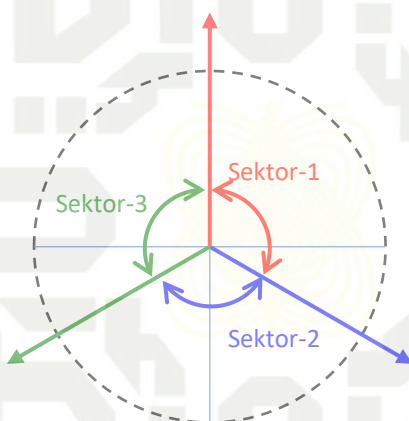
Pemodelan *azimuth* dari setiap sel dapat dilihat sebagai *vector* yang memiliki besaran dan arah. Besaran atau magnitude dari *vector* didefinisikan sebagai *coverage* maksimum dari setiap sektornya sedangkan arah menunjukkan sektor yang diwakili dalam bentuk putaran sejauh 120° untuk setiap sektornya. Jarak minimum radius dari *coverage* dapat ditentukan dengan mengambil model tinggi tower dan maksimum *downtilt* yang dapat digunakan. Jika diasumsikan tinggi tower minimum adalah 20 meter dengan *downtilt* antenna maksimum 6 derajat, maka radius *coverage minimum* dapat dihitung sebagai:

$$x_{min} = \frac{y}{\tan \theta} = \frac{20}{\tan 6} \approx 238 \text{ meter} \quad 3.4$$

Sedangkan jarak *maksimum* dengan ketinggian tower maksimum 30 meter, *coverage* dapat dihitung sebagai berikut:

$$x_{max} = \frac{y}{\tan \vartheta} = \frac{30}{\tan 1} \approx 1719 \text{ meter} \quad 3.5$$

Untuk menyederhanakan proses *coding*, maka model jarak radius *coverage* minimum dibuatkan menjadi 200 meter dan radius maksimum adalah 1800 meter. Jika dimisalkan adalah pertambahan radius 200 meter, maka untuk radius *coverage* dapat dikodekan dengan 1 digit yakni 1 – 9, dimana 1 adalah 200 meter dan 9 adalah 1800 meter. Sehingga dengan menyatakan radius *maksimum*, secara tersirat konfigurasi *site* dapat ditentukan dengan ketinggian antenna pada tower 25 meter hingga 30 meter.



Gambar 3. 6 Definisi nilai *azimuth* sektor (*Gene*)

Demi efisiensi jumlah digit pengkodean, *azimuth* pada setiap sektor juga memiliki 100 pilihan putaran (γ_i) dengan rentang 120° untuk setiap sektornya (lihat gambar 3.6). Dengan menggunakan 2 digit bilangan yakni 00 - 99, maka *azimuth* dikodekan dalam step 1.2° sehingga untuk setiap sektor ke-*i* akan memiliki *azimuth* sebesar:

$$\alpha_i = (i - 1) \times 120^\circ + 99\gamma_i \quad 3.6$$

Berdasarkan model radius *coverage* dan *azimuth* untuk setiap sektornya dapat disusun *gene* dalam setiap *chromosome* sebagaimana yang diperlihatkan oleh gambar 3.7. Dengan kata lain, rentang nilai *chromosome* akan terdefinisi dari 100 s/d 999, dimana digit pertama menunjukkan radius *coverage* dan 2 digit berikutnya adalah putaran *azimuth* untuk setiap sektornya.

Chromosome (site)		
xyy	xyy	xyy

- 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.

Gambar 3. 7 Model pengkodean chromosome, x = radius, yy = azimuth γ_i

2.2.4 Perhitungan penerimaan RF

Sebagaimana yang telah dijelaskan pada teori, bahwa *loss* yang disebabkan oleh rugi-rugi lintasan merupakan fungsi dari frekuensi dan jarak, dimana persamaan 2.1 dapat dituliskan dalam satuan decibel sebagai berikut:

$$FSL = 10 \log \left(\frac{4\pi}{c} \right)^2 + 10 \log f_{Hz}^2 + 10 \log d_m^2 \quad 3.7$$

Jika diasumsikan bahwa frekuensi kerja jaringan selular tersebut adalah pada band 2GHz dan $c = 3 \times 10^8 m/dtk$, maka persamaan di atas dapat disederhanakan hanya sebagai fungsi jarak d (meter):

$$FSL = 38.46 + 20 \log d \quad 3.8$$

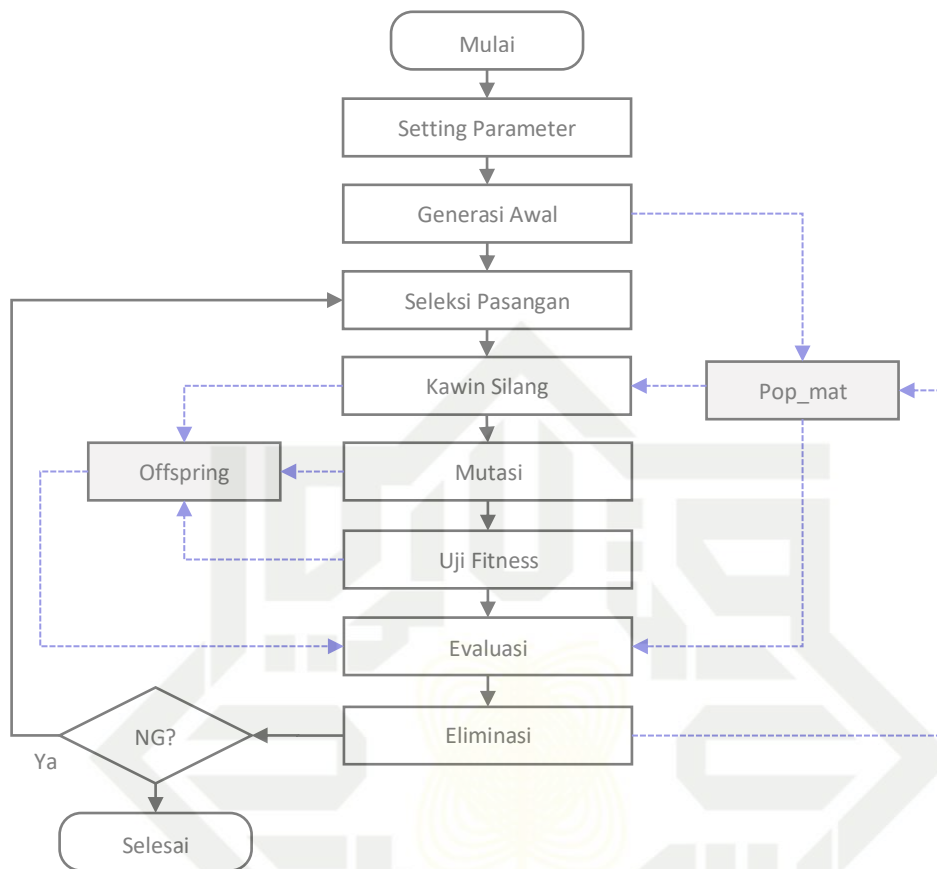
Maka penerimaan sinyal dalam analisis RF sederhana ketika daya pancar diseragamkan 20 mWatt dan loss lainnya dibatasi dalam 3dB, dapat disajikan sebagai fungsi dari penguatan antenna dan jarak sebagai berikut:

$$P_r = -1.46 + g_{ant} - 20 \log d$$

3.3 Pemodelan Algoritma Genetika

3.3.1 Main Flowchart

Algoritma genetika ini dibangun dengan menggunakan aplikasi Matlab berbasis script. Proses awal dari algoritma ini adalah memberikan parameter inisial yang terdiri dari penentuan parameter N , M dan k , serta membangkitkan populasi inisial sebanyak N individu, Variabel M disini merupakan ukuran dari *Elitism* sebagai hasil atau solusi yang diberikan oleh algoritma. Sedangkan parameter k digunakan untuk membangkitkan jumlah anak (*offspring*) dari setiap pasangan. Pembangkitan populasi inisial dapat dilakukan dalam bentuk matriks $N \times 51$ dimana nilai masing-masing matriks tersebut berupa angka random 0 s/d 63. Adapun *flowchart* dari algoritma GA ini diberikan oleh gambar 3.8, dan penjelasan masing-masing tahapannya diberikan oleh sub-bab berikutnya.



Gambar 3. 8 Flowchart Algoritma Genetika

3.3.2 Struktur populasi

Populasi terdiri dari individu-individu sebagai pilihan solusi disusun dengan komposisi 1 *elitism* individu dengan skor nilai fitness terbaik dan 9 individu dari *offspring* dan parent yang telah melewati proses seleksi. Sedangkan untuk proses inialisasi, populasi dapat dibangkitkan secara *random* untuk 10 individu menurut aturan sistem pengkodean. Adapun struktur pengkodean untuk populasi diperlihatkan oleh tabel 3.2, di mana area kuning merupakan matriks dalam simulasi.

Tabel 3.2 Stuktur kode populasi

Ran k	Fitnes s	Individu									
		Chromosome-1			Chromosome-2			...	Chromosome-45		
		Gen-1	Gen-2	Gen-3	Gen-1	Gen-2	Gen-3		Gen-1	Gen-2	Gen-3
1											
2											
⋮											

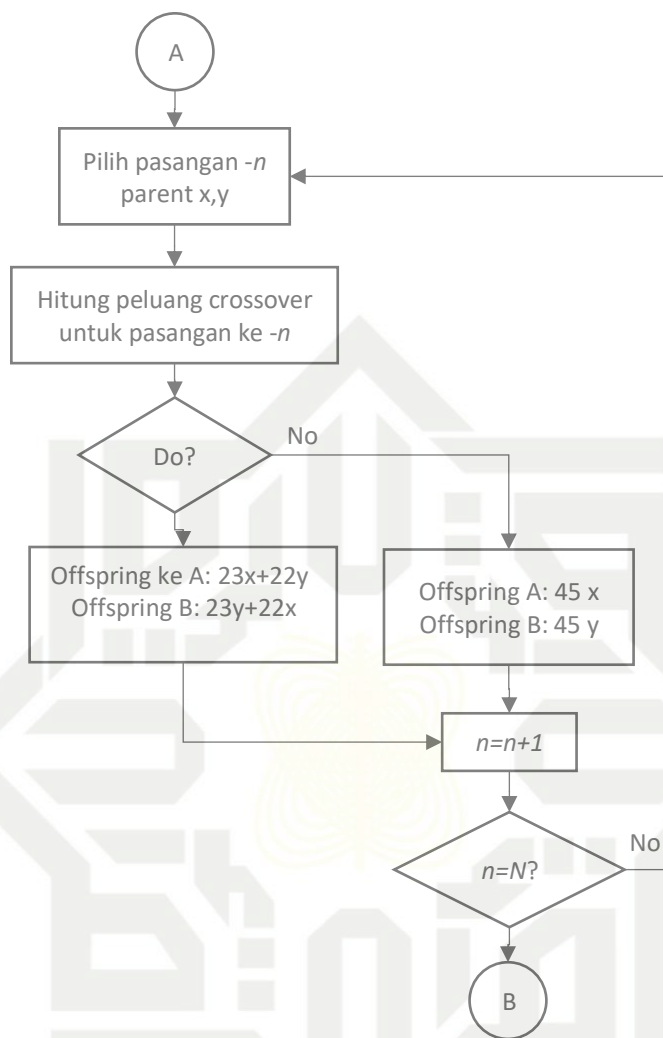


3.3 Operator Crossover (Offspring)

Penelitian ini menggunakan metoda crossover dalam satuan chromosome, di mana setiap offspring akan mengambil sejumlah chromosome dari parent A dan sisanya dari parent B. Sebagaimana yang digunakan dalam penelitian ini, setiap chromosome menggunakan 3 gen slot matriks) dan setiap allele menggunakan 3 digit bilangan bulat. Berdasarkan metoda *fixed one point crossover*, penelitian ini membagi jumlah chromosome dari individu parent-nya pada titik tengah, yakni 23 chromosome pertama dari parent A dan sisanya dari chromosome parent B, untuk membentuk offspring-A. Begitu juga sebaliknya untuk offspring-B, 23 chromosome dari parent B dan sisanya dari parent A. Meskipun demikian, tidak semua chromosome akan mengalami crossover. Peluang terjadinya cross over akan diberikan menurut skenario nantinya, yakni berkisar antara 0.6 hingga 0.8. Jika suatu chromosome tidak mengalami crossover, maka gen parent akan langsung diturunkan kepada kedua offspringnya, yakni dalam gen xxx dan yyy.

Adapun pemilihan parent dapat dilakukan secara sistematis berdasarkan ranking fitness yang mereka miliki. Untuk mendapatkan hasil offspring yang berkualitas, maka pasangan parent ini dipilih secara berurutan, seperti rank 1-2, rank 3-4, 5-6, dan seterusnya. Barulah kemudian setiap chromosome offspring disusun berdasarkan chromosome demi chromosome nya. Algoritma ini dapat dilihat sebagaimana yang diperlihatkan pada gambar 3.9.

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



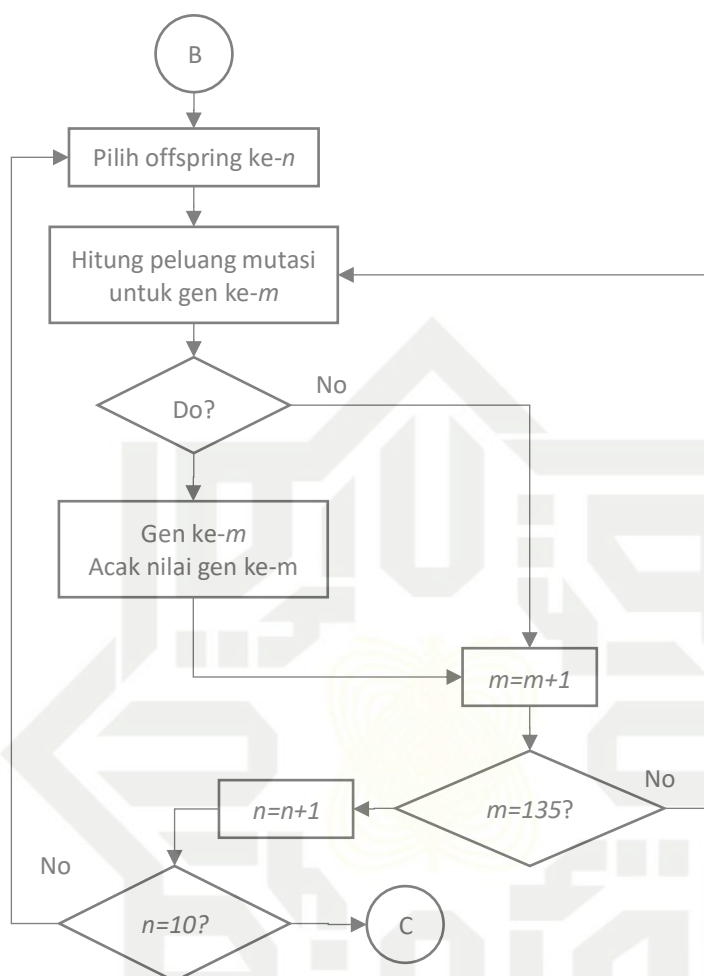
Gambar 3. 9 Flowchart sub fungsi crossover pada setiap individu

3.3.4 Operator Mutasi (*Offspring - Mutant*)

Operasi mutasi akan diberikan untuk setiap *offspring* yang dihasilkan oleh proses *crossover*. Operasi ini dilakukan pada setiap gen dari setiap *offspring* yang berjumlah 10 buah. Adapun jumlah iterasi yang dilakukan untuk setiap *offspringnya* adalah $3 \times 45 = 135$ gen. Meskipun demikian, setiap gen akan diberikan peluang 0.1 hingga 0.2 jika diperlukan skenario tambahan untuk memperbaiki algoritma GA. Detail algoritma ini diperlihatkan oleh gambar 3.10 berikut.

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

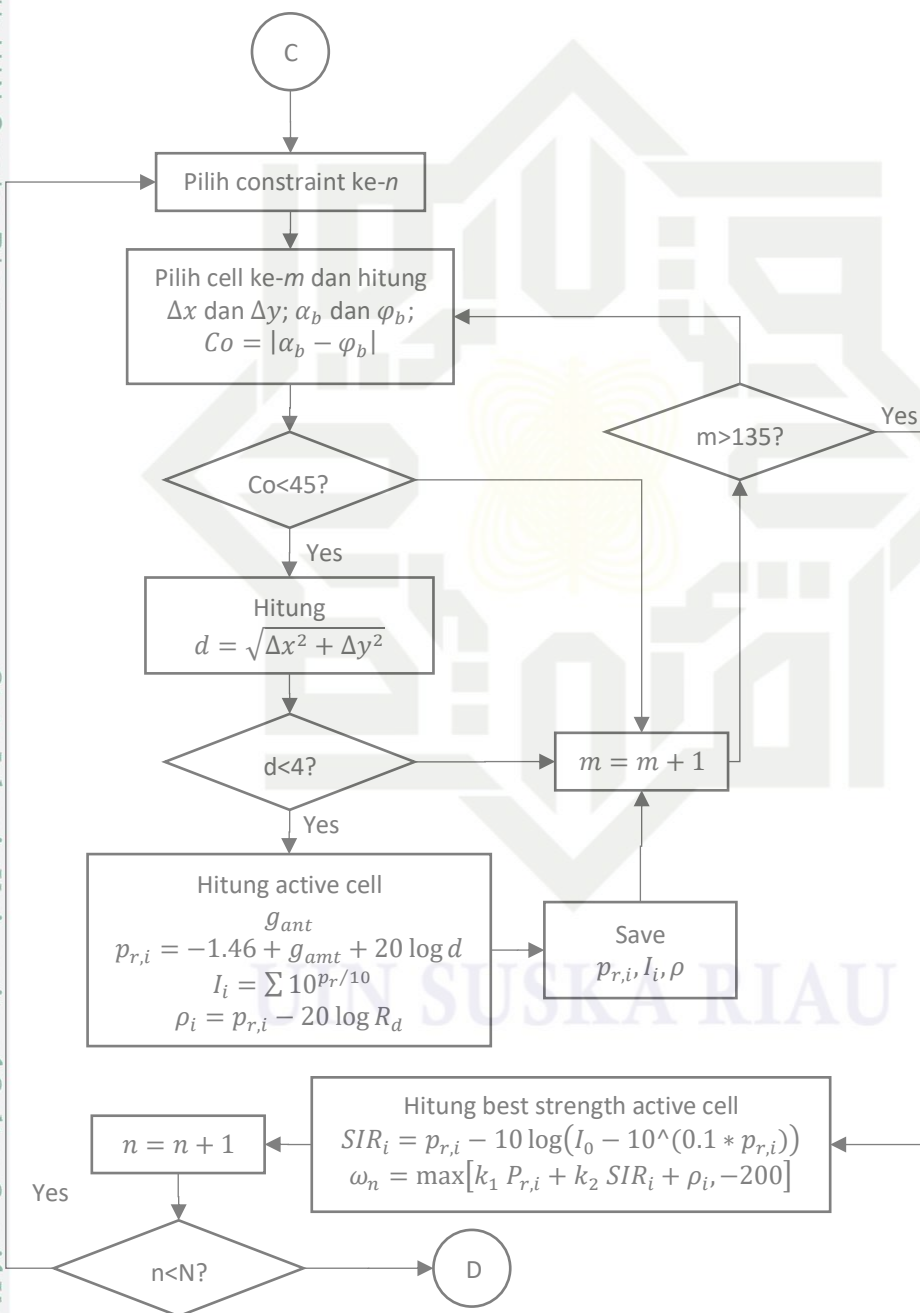


Gambar 3. 10 Flowchart sub fungsi mutasi pada setiap individu

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.

3.5 Fungsi Fitness



Gambar 3. 11 Flowchart sub fungsi algoritma fitness per individu

Fungsi *fitness* digunakan untuk mengukur kinerja solusi yang diperoleh dari *offspring* hasil perkawinan silang dan *mutasi* pada algoritma GA. Efektifitas dan efisiensi komputasi dari algoritma yang dilakukan pada fungsi ini haruslah optimal, di mana akurasi sangat menentukan kualitas secara akurat tetapi tetap memperhatikan jumlah *komputasi* yang digunakan. Oleh karena itu beberapa persamaan yang melatar-belakangi perhitungan ini harus disederhanakan tanpa mengorbankan akurasi yang begitu banyak.

Ide efisiensi *komputasi* ini dimulai dari memangkas perhitungan yang tidak perlu pada setiap *constraint* yang akan diuji. Sektor atau sel yang memiliki peluang kecil atau bahkan mustahil untuk dikombinasikan, akan dibuang melalui dua tahap penyaringan. Tahapan pertama yakni dari kemungkinan *azimuth* sektornya, di mana sektor yang tidak menghadap kepada titik penerimaan akan dipotong melalui 90° rentang *azimuth*, 45° kekanan dan kekiri dari arah *azimuth* masing masing sektor (C_0). Sedangkan saringan kedua dilakukan dengan mengukur jarak lintasan sel tersebut sejauh maksimum 2 - 4 km saja (d) bergantung pada skenario analisis. Sehingga harapannya, sel-sel yang seharusnya melayani setiap *constraint* adalah yang terdekat dan fokus kepada titik tersebut.

Untuk mendapatkan penilaian yang efektif, penggunaan nilai kuat daya sinyal dan kualitas sinyal penerimaannya akan dikombinasikan secara bersamaan untuk mendapatkan kinerja setiap *constraint* (ω_n) melalui persamaan:

$$\omega_n = \max[k_1 P_{r,i} + k_2 SIR_i + \rho, -200]$$

di mana n adalah nomor dari *constraint* yang diuji, sedangkan konstanta k_1 dan k_2 dapat digunakan untuk mengatur rasio kontribusi kedua parameter tersebut. Sementara itu pemberian nilai -200 akan diperuntukan bagi setiap *constraint* yang mengalami *blank spot* atau tidak adanya dominan sel yang melayaninya. Adapun sistematika atau detail algoritma ini diberikan oleh gambar 3.11. Dengan menyelesaikan perhitungan seluruh *constraint* ini, maka setiap solusi akan memiliki fungsi *fitness* sebagai:

$$f_k = \sum \omega_n$$

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.

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.

di mana nilai semakin tinggi nilai dari f_k untuk solusi ke- k , maka akan semakin tangguh solusi yang dihasilkannya.

4.4 Metoda Analisa

4.4.1 Skenario Validasi Algoritma GA

Tabel 3.3 Tabel validasi algoritma GA

SKENARIO	NO	JUMLAH GENERASI	PELUANG CROSSOVER	PELUANG MUTASI
CROSSOVER	1	10	0.4	0.2
	2	10	0.6	0.2
	3	10	0.8	0.2
MUTASI	4	10	Best	0.1
	5	10	Best	0.2
	6	10	Best	0.3
	7	10	Best	0.4
GENERASI	8	10	Best	Best
	9	20	Best	Best
	10	50	Best	Best
	11	100	Best	Best

A. Peluang Crossover

Dalam skenario *crossover* yang akan dilakukan pertama adalah menentukan populasi awal atau bisa digunakan populasi sebelumnya. Langkah selanjutnya yaitu menentukan *crossover rate* yang terdapat pada table 3. yaitu menggunakan nilai 0.4, 0.6, 0.8 yang dimana *crossover rate* ini nantinya akan membantu dalam menyaring atau menentukan individu-individu yang nanti akan menjadi individu parent yang nantinya akan di *crossover*. Kemudian bangkitkan nilai acak antara 0 sampai 1 sebanyak ukuran populasi. Langkah selanjutnya lakukan perbandingan antara nilai acak yang sudah dibangkitkan tadi dengan *crossover rate* jika nilai acak lebih kecil daripada *crossover rate*, maka berarti individu itu terpilih menjadi individu yang akan dilakukan *crossover*.

B. Peluang Mutasi

Dalam skenario mutasi ini yang dipersiapkan adalah populasi sebelumnya, atau populasi awal. Langkah berikutnya adalah menghitung *mutation rate*, yang mana cara menghitung MR adalah dengan membagikan satu dengan panjang kromosom yang dimana pada tabel 3. Adalah 0.1, 0.2, 0.3, 0.4. Langkah berikutnya adalah hitung jumlah mutasi yang

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

dimana mutasi didapatkan dengan mengkalikan mutation rate dengan jumlah populasi yang dimana pada tabel 3. populasi belum didapatkan hasilnya dikarenakan belum dilakukan pengujian.

Jumlah Generasi

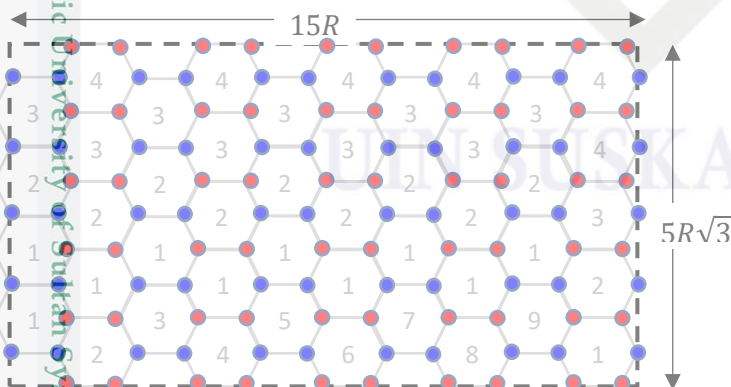
Jumlah Generasi adalah jumlah pengulangan yang dikerjakan dalam pemodelan Algoritma Genetika secara *crossover* dan seleksi. Jumlah Generasi ini berpengaruh dalam ketetapan output dan lama waktu proses GA. Jumlah generasi yang besar dapat menunjukkan ke arah solusi yang optimal akan tetapi membutuhkan waktu pengerjaan yang lama. Sedangkan jika jumlah generasinya terlalu sedikit maka hasilnya akan terperangkap dalam local optimal. Pada tabel 3. nilai yang digunakan 10, 20, 50, 100

3.4.2 Skenario Efektivitas Fungsi Fitness

Pada fungsi fitness dapat disimpulkan bahwasanya suatu individu yang berkualitas tinggi adalah dimana fungsi fitnessnya paling besar dan juga biayanya paling mendekati budget dan sebaliknya individu yang kualitasnya rendah adalah yang nilai fitnessnya paling rendah dan juga paling jauh dari budget yang telah ditetapkan yang dimana parameter yang akan digunakan adalah $K1 = 0-1$ dan $K2 = 1-10$

3.4.3 Skenario Efisiensi Constraint

Hexagonally distributed sampling



Gambar 3. 12 Metoda Constraint hexagonally distributed sampling

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

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
aitu
WHEEL
dijelaskan

Pada gambar 3.12 memiliki 3 skenario yang akan digunakan dalam penelitian ini

- A. Nilai 60 (Merah)
- B. Nilai 55 (Biru)
- C. Gabungan antara Biru dan Merah = 115

Skenario yang akan dilakukan adalah menggunakan seleksi roda roulette (*Roulette Wheel Selection*) yang menentukan seberapa cepat seleksi. Adapun langkah – langkah proses dijelaskan sebagai berikut =

- 1) Hasil yang didapatkan dari nilai fitness yang didapat tiap kromosom, lalu dijumlahkan
- 2) Selanjutnya hitung jumlah probabilitas tiap kromosom
- 3) Selanjutnya tentukan interval nilai kumulatif (0-1) pada masing-masing kromosom.
- 4) Langkah selanjutnya tentukan induk yang menjadi kandidat untuk generasi baru dengan cara bangkitkan suatu bilangan random (0-1) dan kromosom yang akan terpilih jika bilangan random yang dibangkitkan berada dalam interval kumulatifnya.
- 5) Lakukan berulang kali langkah no 4 sebanyak ukuran populasi, sehingga terbentuk susunan populasi baru yang tidak melebihi ketentuan yang ditetapkan.
- 6) Selesai



BAB V

PENUTUP

Kesimpulan

Implementasi algoritma GA dalam menyelesaikan permasalahan pemilihan *azimuth* pada lingkungan selular *heterogen* telah sukses dilakukan. Beberapa parameter GA yang disesuaikan meliputi peluang *crossover* 80%, peluang mutasi 1%, jumlah populasi dan generasi telah diujikan dengan kemampuan komputer yang digunakan (dalam hal ini adalah 100 individu dan 1000 generasi), dengan capaian *fitness* hingga 1050. Efektifitas algoritma ini mencapai 87.5% dalam 1000 generasi, di mana setiap titik sampling hanya dilayani oleh sebuah sel. Sedangkan efisiensi optimal adalah dengan menggunakan 60 atau 55 titik sampel dengan distribusi sampel secara hexagonal.

Saran

1. *Premature convergence* mulai terdeteksi pada generasi ke-100, sementara capaian *fitness* masih berada pada kondisi optimal 40% dari dugaan model terbaiknya. Dalam hal ini diperlukan metoda baru untuk bisa memecah kebuntuan pada situasi individu yang menuju kepada situasi yang identik.
2. Model *fitness* yang digunakan dalam penelitian ini, belum memberikan solusi yang optimal dalam menilai situasi yang diinginkan. Penggunaan kuat daya terima ternyata mendominasi sel untuk *konvergen* ke arah titik penerimaan, sehingga dua sektor akan saling tumpang tindih. Oleh karena itu diperlukan konfigurasi yang optimal dalam mencegah hal tersebut di mana kuat sinyal dan kualitas penerimaan saling berkolaborasi dalam menilai *fitness* yang diperoleh setiap individu.

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

DAFTAR PUSTAKA

1. A. A. Aufique, M. Jaber, A. Imran, Z. Dawy and E. Yacoub, "Planning Wireless Cellular Networks of Future: Outlook, Challenges and Opportunities," *IEEE Access*, vol. 5, pp. 4821-4845, 2017.
2. A. Saif, "Telecom Infrastructure Sharing as a Strategy for Cost Optimization and Revenue Generation A Case Study of Telecommunications companies in Yemen Collocation," *Research Gate*, 2015.
3. A. Krause, W. Anwar, A. B. Martinez, D. Stachorra, G. Fettweis and N. Franchi, "Network Planning and Coverage Optimization for Mobile Campus Networks," in *IEEE 4th 5G World Forum (WF-5G 2021)*, Montreal, Canada, 2021.
4. D. Fernandes, D. Clemente, G. Soares, P. Sebastiao, F. Cercas and R. Dinis, "Cloud-based Implementation of an Automatic Coverage Estimation Methodology for Self-Organising Network," *IEEE Access*, 2020.
5. M. Wollschlaeger, T. Sauter and J. Jasperneite, "The Future of Industrial Communication: Automation Networks in the Era of the Internet of Things and Industry 4.0," *IEEE Industrial Electronics Magazine*, vol. 11, no. No 1, pp. 17-27, 2017.
6. "Wikipedia," 8 7 2022. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Sector_antenna. [Accessed 1 3 2023].
7. M. Sebato, L. Resteghini, C. Mazzucco and M. Zorzi, "Study of Realistic Antenna Patterns in 5G mmWave Cellular Scenarios," in *IEEE ICC Communications QoS, Reliability, and Modeling Symposium (ICC18 CQRM)*, Kansas City USA, 2018.
8. H. Ghazzai, E. Yaacoub, M. S. Alouini, Z. Dawy and A. A. Dayya, "Optimized LTE Cell Planning with Varying Spatial and Temporal User Densities," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 2015.
9. V. Sharma and A. K. Tripathi, "A systematic review of meta-heuristic algorithms in IoT based application," *Elsevier - Array*, vol. 14, p. 1, 2022.
10. G. M. Agusta, "Algoritma Genetika," Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2018.
11. T. Alam, S. Qamar, A. Dixit and M. Benaida, "Genetic Algorithm: Reviews, Implementations, and Applications," *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, 2020.
12. R. B. Septyanto, E. Setyaningsih and F. Bacharuddin, "Analisis Penempatan Evolved Node B Area DKI Jakarta Dengan Menggunakan Algoritma Genetika Dan Evolutionary Programming," *TESLA*, vol. 19, no. 2, pp. 108-122, 2017.

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

© Hak cipta dilindungi Undang-Undang
 UIN Suska Riau
 State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



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

- 15] S. N. Jaafar, E. K. Hamza and V. A. Al-Salihi, "Proposed Base-Station Location Optimization with Genetic Algorithm Scheme for Lte Network Radio Planning," in *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 1094 012116, 2021.
- 16] R. Mend and E. Tonye, "Planning and Optimization Approach using Genetic Algorithms of a New Generation Cellular Network Capitalizing on the Existing Sites," *International Journal of Science and Research (IJSR)*, vol. 8, no. 5, pp. 1419-1427, 2019.
- 17] Y. H. Santana, R. M. Alonso, G. G. Nieto, L. Martens, W. Joseph and D. Plets, "Indoor Genetic Algorithm-Based 5G Network Planning Using a Machine Learning Model for Path Loss Estimation," *Applied Sciences-MDPI*, vol. 12, no. 3923, p. 18, 2022.
- 18] M. Melanie, *An Introduction to Genetic Algorithm*, London: A Bradford Book The MIT Press - Cambridge, Massachusetts, 1999.
- 19] A. Fanggidae and E. S. Pandie, "Elitisme Algoritma Genetika pada Fungsi NonLinear Dua Peubah," *J-ICON*, vol. 8, no. 2, pp. 145-148, 2020.
- 20] A. Chehouri, R. Younes, J. Perron and A. Ilinca, "A Constraint-Handling Technique for Genetic Algorithms using a Violation Factor," *Journal of Computer Sciences*, vol. 12, no. 7, pp. 350-362, 2016.
- 21] N. A. Darmanto, "Pegaturan Frekwensi Sistem Tenaga Menggunakan Algoritma Genetika," *Transient*, vol. VII, pp. 238-251, 2018.
- 22] Indoprasto and E. Suryani, "Analisis Pengendalian Persediaan Produk Dengan Metode EQQ Dengan Menggunakan Algoritma Genetika untuk Mengefesiansikan Biaya Persediaan," *Jurnal Teknik ITS*, vol. I, pp. 305-309, 2012.



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.



LAMPIRAN A: PARAMETER RF

A. Model Penguatan Antenna

Sudut	Gain	Sudut	Gain	Sudut	Gain
1	0.00	31	-3.28	331	-2.76
2	-0.01	32	-3.58	332	-2.52
3	-0.02	33	-3.91	333	-2.31
4	-0.04	34	-4.26	334	-2.11
5	-0.07	35	-4.66	335	-1.92
6	-0.10	36	-5.10	336	-1.74
7	-0.13	37	-5.60	337	-1.58
8	-0.17	38	-6.16	338	-1.43
9	-0.22	39	-6.82	339	-1.29
10	-0.27	40	-7.60	340	-1.16
11	-0.33	41	-8.56	341	-1.03
12	-0.39	42	-9.81	342	-0.92
13	-0.46	43	-11.56	343	-0.81
14	-0.54	44	-14.57	344	-0.72
15	-0.62	45	-40.00	345	-0.62
16	-0.72	316	-14.57	346	-0.54
17	-0.81	317	-11.56	347	-0.46
18	-0.92	318	-9.81	348	-0.39
19	-1.03	319	-8.56	349	-0.33
20	-1.16	320	-7.60	350	-0.27
21	-1.29	321	-6.82	351	-0.22
22	-1.43	322	-6.16	352	-0.17
23	-1.58	323	-5.60	353	-0.13
24	-1.74	324	-5.10	354	-0.10
25	-1.92	325	-4.66	355	-0.07
26	-2.11	326	-4.26	356	-0.04
27	-2.31	327	-3.91	357	-0.02
28	-2.52	328	-3.58	358	-0.01
29	-2.76	329	-3.28	359	0.00
30	-3.01	330	-3.01	360	0.00

© Halqipita 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.

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

LAMPIRAN B: SKENARIO HETEROGEN

B. Skenario Heterogenous Cellular Network A

site	No cell	CellName	Longitude	Latitude	Azimuth
	1	Site_1_1	0.008902	0.015676	0
	2	Site_1_2	0.008902	0.015676	120
	3	Site_1_3	0.008902	0.015676	240
	1	Site_2_1	0.021128	0.005426	0
	2	Site_2_2	0.021128	0.005426	120
	3	Site_2_3	0.021128	0.005426	240
	1	Site_3_1	0.035322	0.019754	0
	2	Site_3_2	0.035322	0.019754	120
	3	Site_3_3	0.035322	0.019754	240
	1	Site_4_1	0.042212	0.007833	0
	2	Site_4_2	0.042212	0.007833	120
	3	Site_4_3	0.042212	0.007833	240
	1	Site_5_1	0.055866	0.015011	0
	2	Site_5_2	0.055866	0.015011	120
	3	Site_5_3	0.055866	0.015011	240
	1	Site_6_1	0.06988	0.011247	0
	2	Site_6_2	0.06988	0.011247	120
	3	Site_6_3	0.06988	0.011247	240
	1	Site_7_1	0.084505	0.016233	0
	2	Site_7_2	0.084505	0.016233	120
	3	Site_7_3	0.084505	0.016233	240
	1	Site_8_1	0.094862	0.010043	0
	2	Site_8_2	0.094862	0.010043	120
	3	Site_8_3	0.094862	0.010043	240
	1	Site_9_1	0.111643	0.020024	0
	2	Site_9_2	0.111643	0.020024	120
	3	Site_9_3	0.111643	0.020024	240
	1	Site_10_1	0.129789	0.00707	0
	2	Site_10_2	0.129789	0.00707	120
	3	Site_10_3	0.129789	0.00707	240
	1	Site_11_1	0.006522	0.03349	0
	2	Site_11_2	0.006522	0.03349	120
	3	Site_11_3	0.006522	0.03349	240
	1	Site_12_1	0.020383	0.027561	0
	2	Site_12_2	0.020383	0.027561	120
	3	Site_12_3	0.020383	0.027561	240
	1	Site_13_1	0.028557	0.031675	0

© 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.



13	2	Site_13_2	0.028557	0.031675	120
13	3	Site_13_3	0.028557	0.031675	240
14	1	Site_14_1	0.048707	0.022692	0
14	2	Site_14_2	0.048707	0.022692	120
14	3	Site_14_3	0.048707	0.022692	240
15	1	Site_15_1	0.059352	0.027462	0
15	2	Site_15_2	0.059352	0.027462	120
15	3	Site_15_3	0.059352	0.027462	240
16	1	Site_16_1	0.07483	0.023797	0
16	2	Site_16_2	0.07483	0.023797	120
16	3	Site_16_3	0.07483	0.023797	240
17	1	Site_17_1	0.086131	0.032178	0
17	2	Site_17_2	0.086131	0.032178	120
17	3	Site_17_3	0.086131	0.032178	240
18	1	Site_18_1	0.103037	0.022135	0
18	2	Site_18_2	0.103037	0.022135	120
18	3	Site_18_3	0.103037	0.022135	240
19	1	Site_19_1	0.111068	0.03455	0
19	2	Site_19_2	0.111068	0.03455	120
19	3	Site_19_3	0.111068	0.03455	240
20	1	Site_20_1	0.126636	0.027237	0
20	2	Site_20_2	0.126636	0.027237	120
20	3	Site_20_3	0.126636	0.027237	240
21	1	Site_21_1	0.004581	0.046085	0
21	2	Site_21_2	0.004581	0.046085	120
21	3	Site_21_3	0.004581	0.046085	240
22	1	Site_22_1	0.01679	0.035457	0
22	2	Site_22_2	0.01679	0.035457	120
22	3	Site_22_3	0.01679	0.035457	240
23	1	Site_23_1	0.035412	0.048214	0
23	2	Site_23_2	0.035412	0.048214	120
23	3	Site_23_3	0.035412	0.048214	240
24	1	Site_24_1	0.044125	0.043677	0
24	2	Site_24_2	0.044125	0.043677	120
24	3	Site_24_3	0.044125	0.043677	240
25	1	Site_25_1	0.062514	0.042797	0
25	2	Site_25_2	0.062514	0.042797	120
25	3	Site_25_3	0.062514	0.042797	240
26	1	Site_26_1	0.071039	0.04285	0
26	2	Site_26_2	0.071039	0.04285	120
26	3	Site_26_3	0.071039	0.04285	240
27	1	Site_27_1	0.087388	0.047935	0
27	2	Site_27_2	0.087388	0.047935	120

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



27	3	Site_27_3	0.087388	0.047935	240
28	1	Site_28_1	0.100306	0.038458	0
28	2	Site_28_2	0.100306	0.038458	120
28	3	Site_28_3	0.100306	0.038458	240
29	1	Site_29_1	0.114571	0.04869	0
29	2	Site_29_2	0.114571	0.04869	120
29	3	Site_29_3	0.114571	0.04869	240
30	1	Site_30_1	0.130256	0.036293	0
30	2	Site_30_2	0.130256	0.036293	120
30	3	Site_30_3	0.130256	0.036293	240
31	1	Site_31_1	0.001608	0.061033	0
31	2	Site_31_2	0.001608	0.061033	120
31	3	Site_31_3	0.001608	0.061033	240
32	1	Site_32_1	0.020553	0.054107	0
32	2	Site_32_2	0.020553	0.054107	120
32	3	Site_32_3	0.020553	0.054107	240
33	1	Site_33_1	0.027012	0.060413	0
33	2	Site_33_2	0.027012	0.060413	120
33	3	Site_33_3	0.027012	0.060413	240
34	1	Site_34_1	0.042607	0.052831	0
34	2	Site_34_2	0.042607	0.052831	120
34	3	Site_34_3	0.042607	0.052831	240
35	1	Site_35_1	0.060133	0.060395	0
35	2	Site_35_2	0.060133	0.060395	120
35	3	Site_35_3	0.060133	0.060395	240
36	1	Site_36_1	0.070347	0.051053	0
36	2	Site_36_2	0.070347	0.051053	120
36	3	Site_36_3	0.070347	0.051053	240
37	1	Site_37_1	0.085942	0.059434	0
37	2	Site_37_2	0.085942	0.059434	120
37	3	Site_37_3	0.085942	0.059434	240
38	1	Site_38_1	0.099515	0.051008	0
38	2	Site_38_2	0.099515	0.051008	120
38	3	Site_38_3	0.099515	0.051008	240
39	1	Site_39_1	0.11273	0.059865	0
39	2	Site_39_2	0.11273	0.059865	120
39	3	Site_39_3	0.11273	0.059865	240
40	1	Site_40_1	0.129609	0.052301	0
40	2	Site_40_2	0.129609	0.052301	120
40	3	Site_40_3	0.129609	0.052301	240
41	1	Site_41_1	0.021748	0.072891	0
41	2	Site_41_2	0.021748	0.072891	120
41	3	Site_41_3	0.021748	0.072891	240

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.

42	1	Site_42_1	0.048392	0.0729	0
42	2	Site_42_2	0.048392	0.0729	120
42	3	Site_42_3	0.048392	0.0729	240
43	1	Site_43_1	0.073428	0.072073	0
43	2	Site_43_2	0.073428	0.072073	120
43	3	Site_43_3	0.073428	0.072073	240
44	1	Site_44_1	0.095707	0.073654	0
44	2	Site_44_2	0.095707	0.073654	120
44	3	Site_44_3	0.095707	0.073654	240
45	1	Site_45_1	0.12651	0.071543	0
45	2	Site_45_2	0.12651	0.071543	120
45	3	Site_45_3	0.12651	0.071543	240

Hak Cipta 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.

UIN SUSKA RIAU