



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.

OPTIMASI PARAMETER RADIO PADA JARINGAN *MICROCELL* MENGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA BERDASARKAN METODA VEKTOR

TUGAS AKHIR

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



UIN SUSKA RIAU

Oleh:

BETIEL FIRDAUS ZEGA

11655101091

UIN SUSKA RIAU

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

PEKANBARU

2023



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.

LEMBAR PERSETUJUAN

OPTIMASI PARAMETER RADIO PADA JARINGAN *MICROCELL* MENGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA BERDASARKAN METODA VEKTOR

TUGAS AKHIR

Oleh :

BETIEL FIRDAUS ZEGA
11655101091

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Prodi Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 13 Juni 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



LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMASI PARAMETER RADIO PADA JARINGAN MICROCELL
MENGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA
BERDASARKAN METODA VEKTOR

TUGAS AKHIR

Oleh :

BETIEL FIRDAUS ZEGA
11655101091

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 13 Juni 2023

Pekanbaru, 13 Juni 2023

Mengesahkan,

Ketua Program Studi

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

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

DEWAN PENGUJI :

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

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

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

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

© 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 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.

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, 13 Juli 2023

Yang membuat pernyataan,



Retiel Firdaus Zega
11655103575

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 kehadiran 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 naturkan 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

1. Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 - a. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 - b. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - c. 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

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.

OPTIMASI PARAMETER RADIO PADA JARINGAN *MICROCELL* MENGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA BERDASARKAN METODA *VEKTOR*

BETIEL FIRDAUS ZEGA

NIM: 11655101091

Tanggal Sidang : 13 Juli 2023

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

ABSTRAK

Permasalahan otomatisasi untuk pencarian solusi dalam proses optimasi jaringan seluler yang bersifat *heterogen* menjadi penting diperhatikan ketika jumlah *site-site* yang terlibat mencapai puluhan atau bahkan ratusan. Penelitian ini mengusulkan algoritma *fitness* berdasarkan model *vector* pada algoritma genetika untuk menyelesaikan masalah yang bersifat *meta-heuristic* tersebut. Dengan membangkitkan model permasalahan dalam bentuk sel *hexagonal* secara acak, algoritma genetika disusun dengan menggunakan 2 jenis *allele*, yakni *radius* dan *azimuth* dengan *coding* berbasis 10. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peluang *crossover* 0,8, mutasi 0,03 dan populasi 50 adalah konfigurasi optimal untuk mendapatkan capaian *fitness* 97,7%. Sedangkan untuk efisiensi waktu simulasi, jumlah generasi yang harus disimulasikan cukup hingga 100 iterasi.

Kata Kunci: Algoritma Genetika, Fungsi *Fitness*, Jaringan Seluler, Optimasi



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.

OPTIMIZATION OF RADIO PARAMETERS IN MICROCELL NETWORK USING AGENETIC ALGORITHM BASED ON THE VECTOR METHOD

BETIEL FIRDAUS ZEGA

NIM: 11655101091

Trial Date: 13 July 2023

*Department of electrical engineering
Faculty of science and technology
State islami university of sultan syarif kasim riau
HR soebrantas street number 155 pekanbaru*

ABSTRACT

Automation problems for finding solutions in the process of optimizing heterogeneous cellular networks become important to note when the number of sites involved reaches tens or even hundreds. This study proposes a fitness algorithm based on the vector model of the genetic algorithm to solve this meta-heuristic problem. By generating the problem model in the form of random hexagonal cells, the genetic algorithm is constructed using 2 types of alleles, namely radius and azimuth with coding based on 10. The results show that the probability of crossover is 0,8, mutation is 0,03 and population 50 is the optimal configuration for get the achievement of a fitness of 97,7%. As for the efficiency of the simulation time, the number of generations that must be simulated is up to 100 iterations.

Keywords: Cellular Networks, Genetic Algorithms, Fitness Functions, Optimization

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN.....	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR RUMUS.....	xi
DAFTAR LAMBANG.....	xii
DAFTAR SINGKATAN.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-2
1.3 Tujuan Penelitian.....	I-2
1.4 Batasan Penelitian.....	I-3
1.5 Manfaat Penelitian.....	I-3
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Optimasi pada Jaringan Selular.....	II-1
2.1.1 Jaringan Selular.....	II-1
2.1.2 Parameter RF.....	II-3
2.1.3 Permasalahan umum dalam Optimasi.....	II-5
2.2 Model <i>Vector</i>	II-9
2.2.1 Pemodelan <i>Coverage</i>	II-9
2.2.2 Skenario Interferensi.....	II-10
2.2.3 Perhitungan Koordinat <i>Radius</i>	II-11
2.2.4 Metoda Deteksi Interferer.....	II-12
2.3 Usulan Implementasi Genetic Algorithm Pada Proses Optimasi.....	II-13
2.3.1 <i>Population</i>	II-14
2.3.2 <i>Selection (Coupling)</i>	II-15
2.3.3 <i>Crossover</i> (Perkawinan Silang).....	II-15
2.3.4 <i>Mutation</i>	II-16

2.3.5	<i>Fitness</i>	II-17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Karakteristik Penelitian.....	III-1
3.1.1	Sifat dan jadwal pelaksanaan penelitian	III-1
3.1.2	Kebutuhan penelitian	III-1
3.1.3	Tahapan penelitian	III-2
3.2	Pemodelan RF.....	III-3
3.2.1	Model <i>Layout</i>	III-3
3.2.2	Pengkodean <i>Radius</i>	III-4
3.2.3	Pengkodean <i>Azimuth</i>	III-6
3.2.4	Pengkodean <i>Pinalti dan Reward</i>	III-7
3.3	Simulator GA.....	III-8
3.3.1	Model Populasi	III-8
3.3.2	Algoritma Seleksi (<i>Coupling</i>).....	III-9
3.3.3	Algoritma <i>Crossover (Offspring)</i>	III-10
3.3.4	Algoritma Mutasi (<i>Offspring - Mutant</i>)	III-11
3.3.5	Algoritma Evaluasi (<i>Fitness function</i>)	III-12
3.4	Metode Analisa	III-13
3.4.1	Skenario Validasi Algoritma GA	III-13
3.4.2	Skenario Deteksi dan <i>Mitigasi Interferensi</i>	III-13
3.4.3	Skenario <i>Pinalti dan Reward</i>	III-13
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Validasi Parameter	IV-1
4.2	Efektivitas Algoritma	IV-5
4.3	Efisiensi Algoritma	IV-7
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	V-1
5.2	Saran.....	V-1
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		



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 GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Arsitektur jaringan selular secara umum [17]	II-1
Gambar 2. 2 <i>Hexagonally distributed – Cellular Network</i> [18].....	II-2
Gambar 2. 3 Komponen parameter radio pada <i>site</i> [19].....	II-4
Gambar 2. 4 Parameter optimasi umum	II-5
Gambar 2. 5 Prosedur umum kegiatan optimasi pada operator [11]	II-6
Gambar 2. 6 Identifikasi permasalahan RF berdasarkan hasil <i>Drive test</i> [11].....	II-7
Gambar 2. 7 Model <i>Okumura – Hata</i> tinggi <i>antenna</i> 15 m, frekuensi 2GHz.....	II-8
Gambar 2. 8 Skenario 2 <i>site</i> dan 3 <i>site</i> yang terlibat interferensi.....	II-10
Gambar 2. 9 Daya penerimaan	II-11
Gambar 2. 10 <i>Azimuth</i> dan kuadran pada model <i>vector</i>	II-12
Gambar 2.11 Sirkulasi generasi pada algoritma GA.....	II-14
Gambar 2.12 Ilustrasi Populasi suatu generasi yang terdiri dari 3 <i>site</i>	II-15
Gambar 2.13 Metoda <i>Crossover</i> dengan 2 titik potong yang tetap.....	II-16
Gambar 2. 14 Strategi <i>Random 2 point mutation</i>	II-17
Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian	III-2
Gambar 3. 2 Homogen <i>Hexagonal-distributed site</i>	III-3
Gambar 3. 3 <i>Layout</i> model permasalahan penelitian – 60 <i>sites heterogen</i>	III-4
Gambar 3. 4 Model <i>Pinalti – Reward</i> pada pengukuran <i>coverage</i>	III-6
Gambar 3. 5 <i>Flowchart</i> perhitungan <i>fitness</i> untuk setiap sel	III-7
Gambar 3. 6 Pemilihan calon <i>parent</i>	III-9
Gambar 3. 7 Teknik pemotongan <i>random</i> gen <i>parent</i> dengan dua titik potong	III-10
Gambar 3. 8 <i>Flowchart Crossover</i>	III-11
Gambar 3. 9 <i>Flowchart</i> operasi mutasi pada individu	III-13
Gambar 4. 1 Evolusi pertumbuhan <i>fitness</i> berdasarkan variasi peluang <i>crossover</i>	IV-2
Gambar 4. 2 Evolusi pertumbuhan <i>fitness</i> berdasarkan variasi mutasi 1 hingga 10%	IV-3
Gambar 4. 3 Evolusi pertumbuhan <i>fitness</i> berdasarkan variasi mutasi 2-5%	IV-4
Gambar 4.4 Evolusi pertumbuhan <i>fitness</i> berdasarkan variasi populasi 10 hingga 100 individu	IV-5
Gambar 4. 5 Capaian <i>fitness</i> maksimum pada generasi ke-1000.....	IV-6
Gambar 4. 6 Visualisasi individu dengan <i>fitness</i> 3520 pada skenario 100 populasi	IV-7



Gambar 4. 7 Capaian <i>fitness</i> pada variasi generasi 100 hingga 300	IV-8
Gambar 4. 8 Visualisasi <i>fitness</i> 1490 pada skenario 100 generasi.....	IV-9
Gambar 4. 9 Visualisasi <i>fitness</i> 1905 pada skenario 200 generasi.....	IV-9
Gambar 4. 10 Visualisasi <i>fitness</i> 2310 pada skenario 300 generasi.....	IV-10

Hak Cipta Sifat Milik UIN 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.

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Klasifikasi sel pada komunikasi seluler	II-3
Tabel 3. 1 Jadwal pelaksanaan kegiatan penelitian.....	III-1
Tabel 3. 2 Hasil perhitungan mekanisme <i>Radius Coverage</i>	III-5
Tabel 3. 3 sistem pengkodean <i>radius coverage</i>	III-5
Tabel 3. 4 Model matriks <i>populasi</i>	III-8
Tabel 4. 1 Skenario <i>crossover</i>	IV-1
Tabel 4. 2 Skenario mutasi	IV-2
Tabel 4. 3 Skenario populasi	IV-4
Tabel 4. 4 Skenario generasi.....	IV-6
Tabel 4. 5 Skenario generasi.....	IV-8



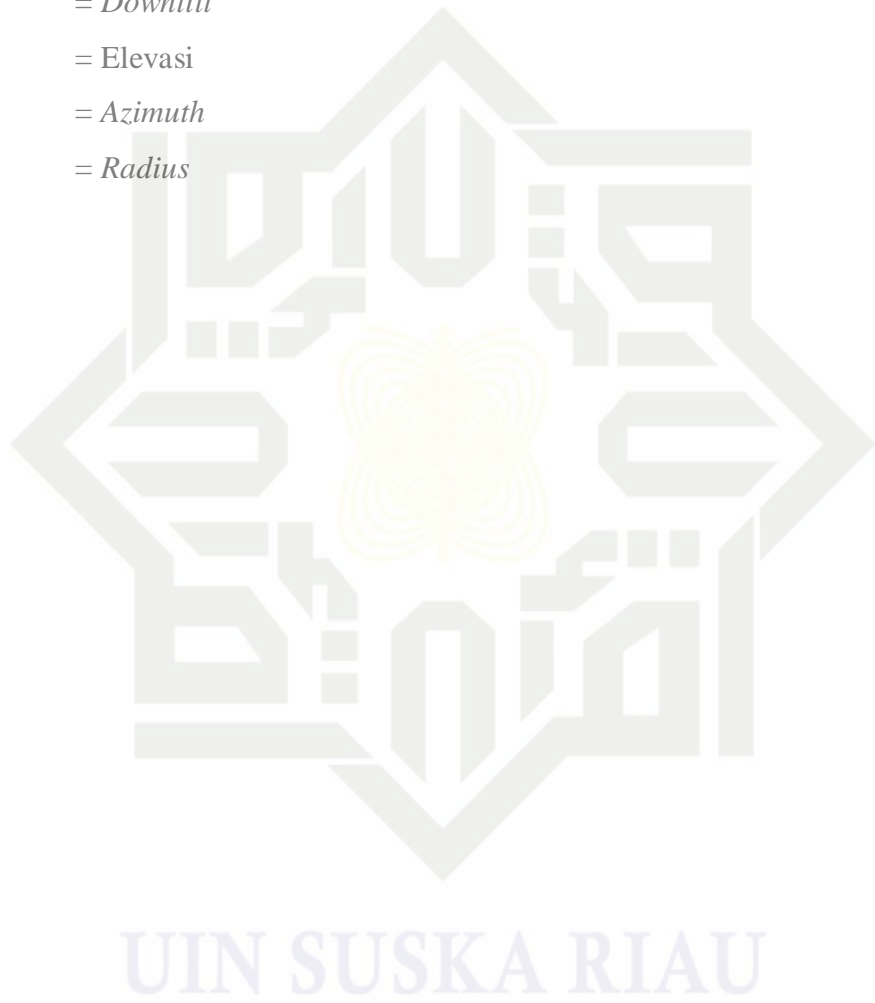
DAFTAR RUMUS

Rumus	Halaman
1. <i>Free Space Loss (FSL)</i>	II-7
2. <i>Line of Sight (LoS) Sel Urban</i>	II-8
3. <i>Line of Sight (LoS) Sel Sub-Urban</i>	II-8
4. <i>Line of Sight (LoS) Sel Rural</i>	II-8
2. 5. <i>Ketinggian Antena Big City</i>	II-9
2. 6. <i>Jarak Coverage</i>	II-9
2. 7. <i>Jarak Hand Over</i>	II-9
2. 8. <i>Signal to Inference and Noise Ratio (SINR)</i>	II-10
2. 9. <i>Sudut Terkecil Azimuth</i>	II-12
2. 10. <i>Titik Koordinat (x_b, y_b)</i>	II-12
2. 11. <i>Jarak Antar Site</i>	II-13
2. 12. <i>Jarak Constrain</i>	II-13
3. 1. <i>Jarak Terdekat Antar Site</i>	III-4
3. 2. <i>Jarak Terjauh Antar Site</i>	III-4
3. 3. <i>Radius Coverage Maximum</i>	III-4

UIN SUSKA RIAU

DAFTAR LAMBANG

- = Frekuensi kerja (MHz)
- = Jarak Antena (Km)
- = Tinggi Antena
- = *Downtilt*
- = Elevasi
- = *Azimuth*
- = *Radius*



- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang α ρ
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.

DAFTAR SINGKATAN

- = *Radio Frekuensi*
- = *Base Station Controller*
- = *Key Performance Indicator*
- = *Half Power Beam Width*
- = *Free Space Loss*
- = *Line of Sight*
- = *Signal to Interference and Noise Ratio*
- = *Driven Reinforcement*
- = *Genetic Algorithm*



DAFTAR LAMPIRAN

A. Data Koordinat <i>Site – Map info</i>	A-1
B. <i>Script Matlab</i>	B-1



- 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.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya jumlah *site* pada jaringan seluler, proses otomatisasi dalam mengambil keputusan untuk optimasi parameter radio sangat diperlukan. Peningkatan jumlah *site* ini dipicu oleh berubahnya jenis *site-site* yang sebelumnya berukuran besar menjadi lebih kecil, seperti dari *macrocell* menjadi *microcell* atau bahkan lebih kecil lagi. Hal ini dapat menyebabkan suatu kota yang sebelumnya dilayani oleh beberapa *site*, sekarang menjadi puluhan atau bahkan ratusan *site*. Sementara itu, demi meningkatkan pelayanan kepada para pelanggannya, operator harus dapat mendeteksi dan solusi permasalahan pada jaringan radio dalam waktu secepatnya [1]. Sehingga, proses deteksi dan solusi pada perubahan parameter radio secara menyeluruh, menjadi tidak efektif dan efisien jika dilakukan secara manual [2].

Implementasi algoritma otomatisasi dalam mengambil keputusan terkait parameter radio pada jaringan seluler telah banyak dikaji dalam berbagai penelitian [3]. Optimasi *downtilt antenna* untuk meminimalkan kegiatan radio *drive test* telah diusulkan dengan menggunakan algoritma *Driven Reinforcement Learning* (DRL) [4]. Otomatisasi berdasarkan aturan yang dibuat juga telah diusulkan untuk permasalahan *coverage* pada jaringan seluler [5]. Pencarian lokasi koordinat *new site* pun telah dilakukan secara otomatisasi [6]. Namun demikian terdapat juga penelitian yang telah mengusulkan metoda *Genetic Algorithm* (GA) dalam melakukan optimasi *coverage* yang bersifat *multi objective* [7]. Bahkan penggunaan algoritma GA menurut beberapa jurnal sangat efektif dan efisien dalam memecahkan permasalahan *engineering* [8, 9]. Mulai dari permasalahan perencanaan alokasi frekuensi jaringan, hingga kepada permasalahan perencanaan dan optimasi pada umumnya [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16].

Meskipun demikian penggunaan algoritma GA umumnya dimodelkan dalam kompleksitas yang cukup rumit, terutama dalam melakukan evaluasi dan perhitungan nilai *Fitness*. Sebagai contoh adalah penggunaan beberapa *constraint* dalam menentukan kinerja dari jaringan dan penggunaan titik-titik sampling dalam melakukan pengukuran sinyal [4]. Hal ini mengakibatkan meningkatnya jumlah komputasi yang diperlukan untuk melahirkan solusi dari permasalahan tersebut. Dengan kata lain, efektifitas dan efisiensi dari algoritma GA akan menjadi penting untuk diperhatikan ketika jumlah *site* yang akan dianalisis cukup



Jika merujuk kepada awal mulanya optimasi dilakukan pada jaringan seluler, objektivitas kegiatannya adalah meminimalisasi interferensi yang terjadi akibat *overshooting* dari sel-sel tetangga. Berangkat dari tujuan ini, optimasi parameter *Radio Frequency* (RF) pun dapat dihitung secara cepat dengan memperhatikan *radius coverage* dan pengarahannya (*azimuth*). Artinya, ketika *radius coverage* dan *azimuth* sektor telah didefinisikan, maka parameter lainnya seperti tinggi *antenna* dan *downtilt*, dapat dihitung secara teoritis.

Pemodelan informasi *radius coverage* dan *azimuth* dari sektoral ini dapat dipandang sebagai *vector* dalam dua dimensi, dimana panjangnya *vector* merepresentasikan *radius coverage* dan arah *vector* menggambarkan *azimuth* dari sektor. Pengujian ide ini tentu saja membutuhkan lingkungan dimana pemilihan parameter menjadi cukup kompleks, baik dari sisi jumlah sel yang terlibat dalam jaringan maupun distribusinya yang secara acak. Oleh karena itu, lingkungan jaringan radio yang heterogen perlu untuk dimodelkan baik dalam distribusi koordinat maupun jenis ukuran selnya.

1.2 Rumusan Masalah

Implementasi model *vector* pada fungsi *fitness* algoritma GA, merupakan kontribusi baru yang dapat dilakukan untuk mendapatkan algoritma yang efektif dan efisien. Pengujian ini membutuhkan permasalahan lingkungan yang kompleks seperti distribusi *site* yang heterogen dan jumlahnya yang cukup besar. Analisis sederhana terhadap kinerja ini dapat dilakukan secara visual, yakni dengan mengidentifikasi terjadinya *overshoot* antar *coverage* masing-masing sel. Berdasarkan fakta-fakta ini, maka masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini secara umum dapat didefinisikan dalam pertanyaan berikut ini:

“Bagaimanakah kinerja optimasi parameter radio pada jaringan seluler menggunakan algoritma genetika berdasarkan metoda *vector*?”

1.3 Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mengukur kinerja optimasi parameter radio pada jaringan seluler menggunakan algoritma genetika berdasarkan metoda *vector*. Untuk mewujudkan tujuan tersebut, maka diperlukan tujuan-tujuan khusus yang memandu kepada kesimpulan umum sebagai berikut ini:

1. Melakukan validasi kinerja komponen GA dalam melakukan optimasi parameter radio pada jaringan seluler berdasarkan metoda *vector*.

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. Melakukan validasi ukuran *radius* sel yang menjadi batasan sel yang sebenarnya dalam melakukan optimasi parameter radio pada jaringan seluler berdasarkan metoda *vector*.

3. Menguji kinerja *pinalti* dan *reward* yang diberikan ketika *constraint* yang ditentukan telah dilanggar dalam melakukan optimasi parameter radio pada jaringan seluler berdasarkan metoda *vector*.

Batasan Penelitian

Untuk membatasi ruang lingkup dari analisis yang akan dilakukan, maka penelitian ini menggunakan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan dengan bantuan *script – Matlab* dalam mensimulasikan kinerja GA dan *Mapinfo* untuk dapat melakukan analisis secara visual.
2. Parameter radio yang akan dioptimasi mencakup *azimuth*, tinggi *antenna* dan *downtilting*.
3. Model permasalahan akan dibangkitkan secara *random* dengan skema awal terdistribusi secara persegi, dimana melibatkan 7×7 *sites* dalam melayani area yang diberikan
4. *Radius* yang akan diberikan dalam simulasi ini dimulai dari 200meter (*microcell*) hingga 2 km (*macrocell*), bergantung pada jarak antar *site* yang telah ditentukan dalam model distribusi *site*.

Manfaat Penelitian

1. Sebagai rujukan dalam memodelkan *radius* dan *azimuth* sel sebagai *vector* dalam lingkungan *heterogenous cellular network*.
2. Usulan model algoritma GA dalam memecahkan solusi optimasi parameter radio dalam lingkungan *heterogenous cellular network*.

1.1

1.1.1

1.1.1.1

1.1.1.1.1

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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.

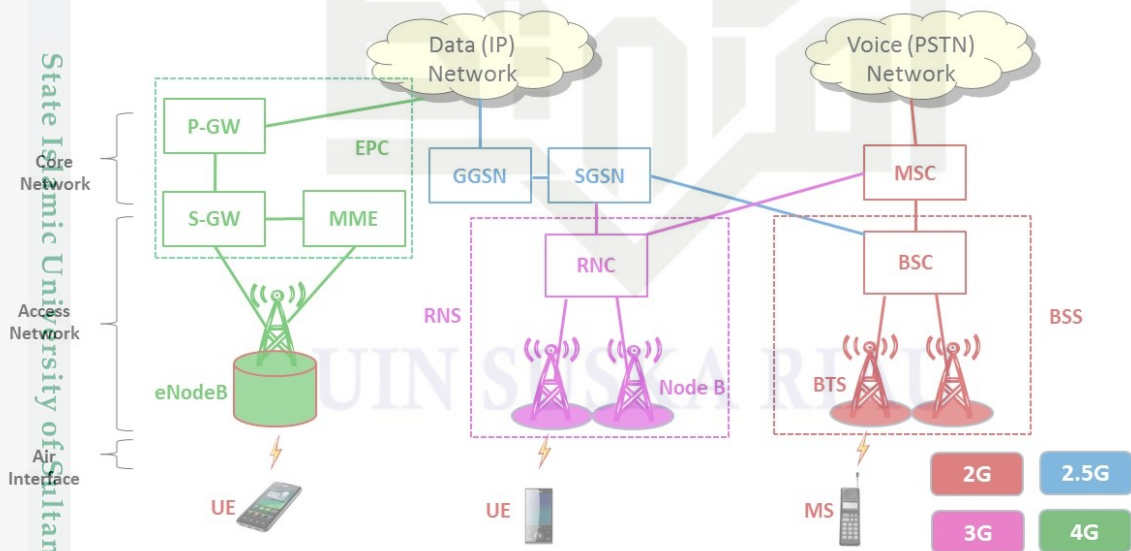
BAB II

DASAR TEORI

Optimasi pada Jaringan Selular

Jaringan Selular

Jaringan seluler atau dengan sebutan lengkapnya jaringan radio seluler merupakan salah satu jenis jaringan *wireless* [5]. Jaringan ini memiliki secara asitektur dibagi dalam 3 block fungsi umum (*sub-system*), yakni block *Radio Frequency* (RF) atau dikenal sebagai *air interface* sebagai jaringan akses, *Base station Sub-System* (BSS) sebagai jaringan transmisi dan jaringan inti (*Core Network*) sebagai jaringan pusat [17] (lihat gambar 2.1). Penamaan jaringan seluler dimaksudkan pada jenis jaringan akses yang digunakan sebagai jaringan penghubung antara perangkat pelanggan kepada jaringan. Sebagaimana umumnya jaringan *wireless*, kinerja jaringan ini sangat ditentukan oleh kehandalan parameter-parameter radio yang digunakan pada *site-site transceiver* dalam mengatasi segala persoalan propagasi sinyalnya [15].

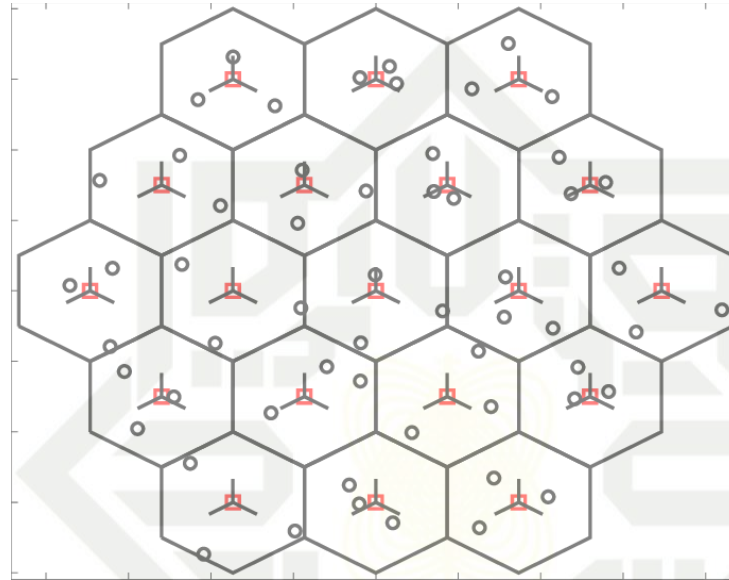


Gambar 2. 1 Arsitektur jaringan selular secara umum [17]

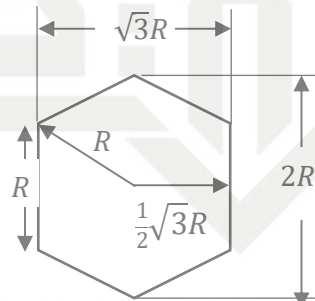
Perbedaan utama antara jaringan seluler dibandingkan dengan jaringan *wireless* lainnya terletak pada distribusi *site-site transceiver*nya. Distribusi ini berdasarkan sel-sel yang menjadi area layanannya masing-masing atau yang disebut sebagai *coverage*, di mana pelanggan sangat memungkinkan bergerak dengan leluasa di dalam ataupun melintas antar selnya. Sedangkan penggunaan istilah “Radio” disebabkan karena media penghubung antara

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.

Jaringan dan para pelanggannya menggunakan frekuensi radio [2]. Seiring dengan kemajuan teknologi jaringan aksesnya, istilah radio ini menjadi kurang tepat, mengingat definisi rentang frekuensi yang digunakan pada generasi selular sekarang telah melampaui rentang band frekuensi *microwave* (yakni melebihi 2GHz) [18].



(a) Layout distribusi *site* berdasarkan *hexagonal*



(b) Dimensi *hexagonal*

Gambar 2. 2 *Hexagonally distributed – Cellular Network* [18]

Secara teoritis, distribusi *site-site* yang menjadi gerbang akses pelanggan ke jaringan dilakukan berdasarkan model sel-sel yang seragam, misalkan *hexagonal* seperti pada gambar 2.2), sehingga jaringan seharusnya bersifat Homogen. Tetapi kenyataan di lapangan, aturan-aturan teori tersebut menjadi renggang atau bahkan tidak dapat diwujudkan sama sekali dengan berbagai alasan. Kenyataan ini akhirnya menyebabkan sifat jaringan menjadi Heterogen [6], di mana sel-sel yang terbentuk tidak lagi seragam dan parameter radionya



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.

akan bervariasi. Dampak dari keberagaman sel tersebut kemudian menjadi tantangan yang kompleks dalam proses perencanaan dan optimasi jaringan radio seluler.

Dalam proses optimasi jaringan radio, semestinya seluruh parameter radio yang digunakan memiliki kontribusi yang terintegrasi baik dalam hal jenis parameternya maupun antar selnya [3]. Perubahan satu parameter akan membutuhkan perubahan dari parameter lainnya. Begitu juga halnya perubahan fisik dari parameter fisik dari suatu sel juga akan berdampak pada sel-sel lainnya, di mana pada akhirnya kinerja jaringan merupakan integrasi dari keseluruhan sel-sel yang menjadi bagian dari jaringan akses tersebut.

Adapun perubahan-perubahan ini umumnya dipicu oleh tiga faktor, yakni faktor alam atau geografis, faktor ekonomi (perkembangan kota dan daya beli trafik) dan faktor regulasi dari pemerintahan setempat. Berdasarkan faktor ini kemudian suatu sel atau *site* kemudian dapat dikategorikan dalam beberapa tingkatan, seperti *rural*, *sub-urban*, *urban* dan *dense urban* [14]. Secara fisik perbedaan sel-sel tersebut didefinisikan juga berdasarkan *radius coverage* setiap selnya (lihat tabel 2.1).

Tabel 2. 1 Klasifikasi sel pada komunikasi seluler

No	Cell Type	Coverage Radius	Environment
1	Macrocell	> 2500 m	Rural / Open area
2	Microcell	500 m - 2500 m	Suburban
3	Picocell	100 m - 500 m	Urban
4	Femtocell	10-50 m	Dense Urban/Indoor

2.1.2 Parameter RF

Setiap operator jaringan seluler akan merekam karakteristik fisik jaringannya dalam suatu database radio yang disebut *Engineering parameter RF* (tiap operator memiliki sebutan yang berbeda). Informasi ini sangat diperlukan untuk menjaga kestabilan kinerja jaringan akses dan sebagai rujukan dalam melakukan kegiatan optimasi [15]. Umumnya informasi ini memuat perihal identitas cell, karakteristik transmitter, karakteristik antenna, dan informasi *bandwidth*. Data ini kemudian akan selalu diupdate dan ditracking setiap kali melakukan kegiatan optimasi, baik di lapangan maupun di *Base station controller* (BSC) [19].

Berdasarkan sifat perubahannya data-data ini dapat dibedakan dalam 3 kategori, yakni data permanen, semi-permanent dan temporary. Data permanen terkait dengan perihal kepemilikan dari suatu *site*, sehingga perubahannya hanya dua pilihan yakni dihapus atau dinon-aktifkan. Sedangkan data semi-permanent dapat diubah dalam proses optimasi, tetapi

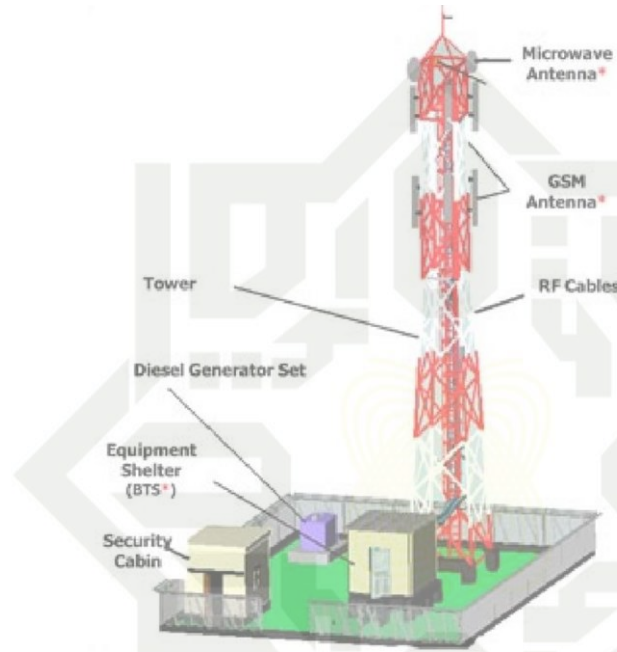
Habu untuk dilaksanakan oleh para *engineer* di lapangan. Hal ini disebabkan oleh besarnya biaya yang diperlukan atau membutuhkan analisis dari para pakarnya. Jenis data ini mencakup informasi instalasi komponen jaringan seperti penempatan *antenna*, *feeder*, *transmitter*, transmisi (lihat gambar 2.3) [19].

Hak Cipta Milik UIN Suska Riau

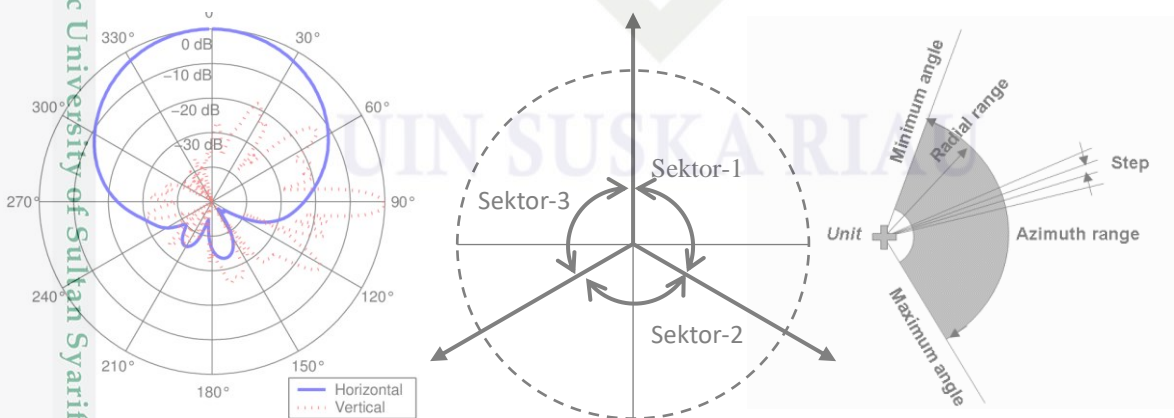
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

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



Gambar 2. 3 Komponen parameter radio pada *site* [19]



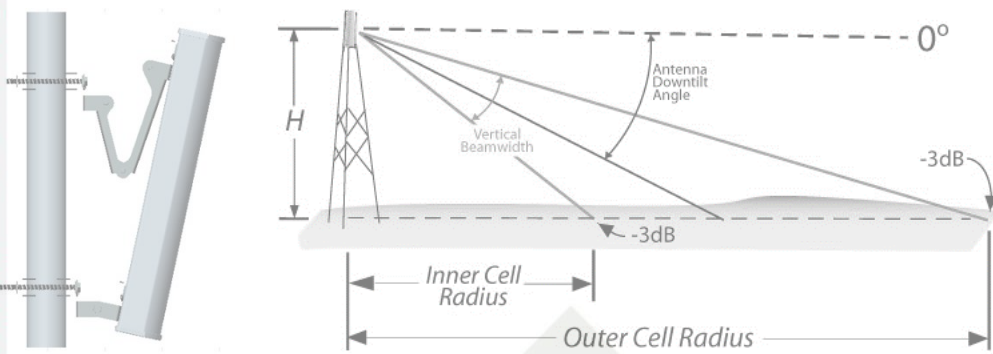
(a) *Antenna azimuth sectorial*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islami 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.



(b) Antenna downtilt

Gambar 2. 4 Parameter optimasi umum [15]

Selain itu data yang bersifat settingan dasar dari proses perencanaan juga dapat dikategorikan dalam hal ini seperti *power*, *frequency*, *neighbor site*, dan lain-lain yang perubahannya hanya dapat dilakukan pada BSC. Adapun parameter RF yang bersifat temporary dan sering dikondisikan dalam proses optimasi, umumnya terkait pada dua hal, yakni *azimuth sectorial* dan *antenna downtilting* [3].

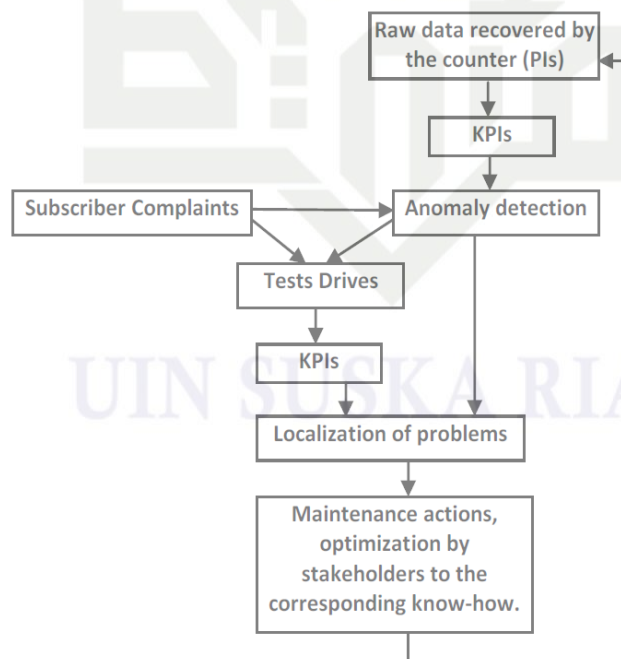
Parameter *azimuth sectorial* merupakan sudut pengarahannya secara fisik ketika diukur dari arah utara sebagai 0° . Pada *site* dengan komposisi 3 sektor, besarnya pengarahannya ini akan berkisar dalam rentang 120° , dimana sektor-1 akan terdefinisi mulai dari arah utara. Dalam proses optimasi, sektor *azimuth* masing-masing sektor inilah yang kemudian diputar untuk mendapatkan pengarahannya yang optimal sebagaimana yang diperlihatkan pada Gambar 2.4. Sedangkan *antenna downtilt* dilakukan dengan menundukkan pengarahannya untuk membatasi *outer cell radius*, sehingga *overshoot* dari *coverage* dapat dihindari. Sehingga, jika *Half Power Beam Width* (HPBW) elevasi dari antenna adalah 6° , maka setting dasar dari *downtilt* ini akan berkisar minimum 3° . Pada prakteknya, untuk memperbesar rentang *downtilt* ini, beberapa antenna terbaru telah dilengkapi dengan *electrical downtilt*, disamping *mechanical downtilt* yang dapat dilakukan secara opsional [10].

2.1.3 Permasalahan umum dalam Optimasi

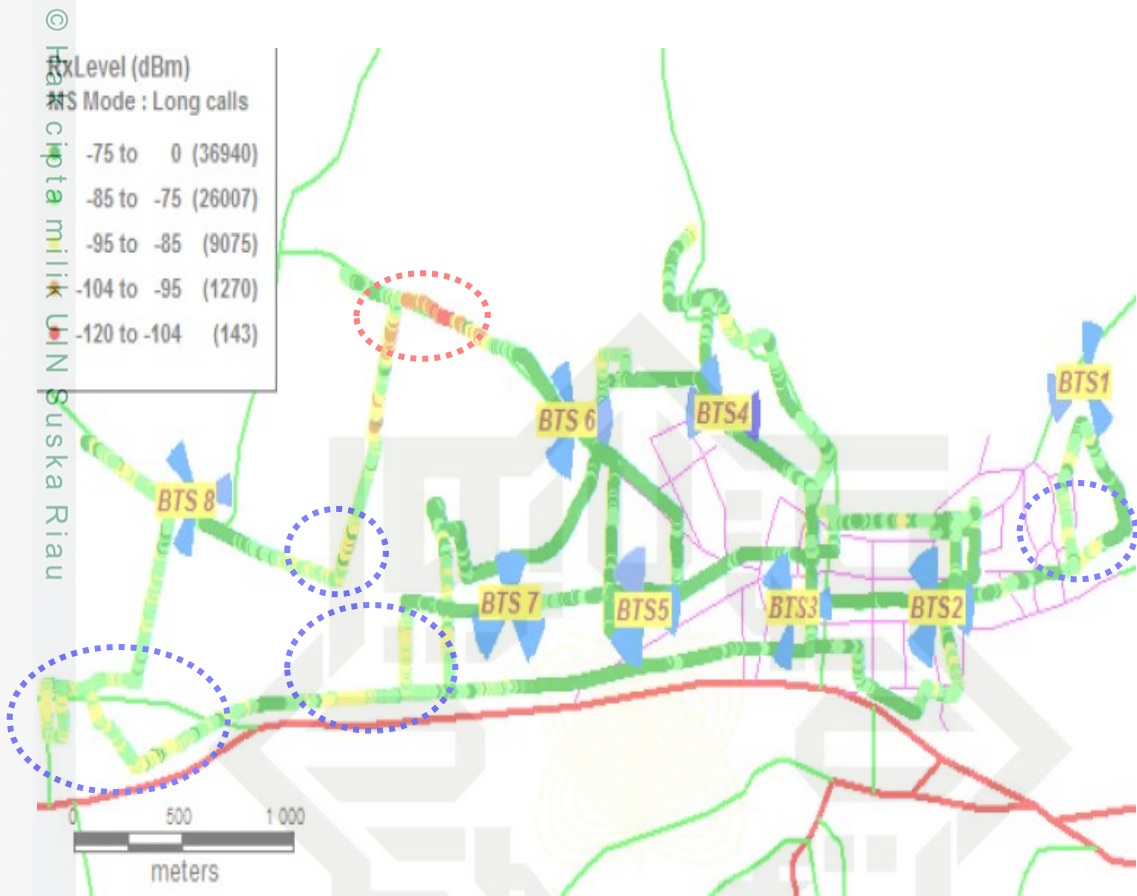
Tujuan dasar dari perencanaan jaringan seluler adalah menempatkan *site* atau sel di seluruh area target layanan sehingga memenuhi kriteria *Key Performance Indicator* (KPI) yang telah disepakati oleh pihak vendor dan operator [11]. Umumnya proses perencanaan ini adalah menjangkau seluruh area layanan sehingga *zona blank spot* dapat diminimalisasi. Deteksi permasalahan KPI dapat bermula dari masukan dari para pelanggan ataupun dari

penurunan statistik KPI yang diperiksa dari laporan jaringan secara berkala. Perihal perubahan parameter akan melibatkan kegiatan *radio-drive-test* dan peninjauan langsung ke lapangan [11]. *Radio-drive test* digunakan untuk merekam kinerja sebelum dan sesudah dilakukannya optimasi serta memeriksa kembali ketika terjadi permasalahan radio terkait penerimaan sinyal. Sedangkan peninjauan lapangan umumnya untuk mendapatkan alternatif solusi yang dapat dilakukan ketika informasi lapangan sangat diperlukan. Adapun urutan atau prosedur kegiatan optimasi ini diperlihatkan oleh Gambar 2.5.

Meskipun tujuan awal dari perencanaan jaringan seluler adalah meminimalisasi *zona blank spot* [14], tetapi interferensi merupakan permasalahan yang harus lebih diperhatikan selama proses optimasi. Interferensi dapat diidentifikasi ketika sinyal utama yang diharapkan melayani zona tersebut mengalami penurunan kuat sinyal (*RxLevel*) pada *mobile station*. Ketika area tersebut ternyata juga mendeteksi sel lain, maka interferensi [10] didefinisikan telah terjadi. Dalam hal ini, optimasi *azimuth* dan *downtilt* harus dilakukan. Contoh hasil *drivetest* dan identifikasi permasalahan RF ini diberikan oleh Gambar 2.6.



Gambar 2. 5 Prosedur umum kegiatan optimasi pada operator [11]



Gambar 2. 6 Identifikasi permasalahan RF berdasarkan hasil *Drive test* [11]

Jika *coverage* sel-sel yang berdekatan masih relatif dekat dari titik penerimaan sinyal yang lemah, maka pengarahannya dapat dilakukan untuk melayani zona tersebut. Tetapi jika *site-site* yang terdekat terlalu jauh, maka solusi yang terbaik adalah dengan penambahan *site* baru untuk mendominasi area tersebut [14]. Pertimbangan jauh dekatnya *site* ini dapat dihitung berdasarkan persamaan redaman propagasi, yang secara sederhana dapat dihitung dengan menggunakan persamaan *Friis* atau yang sering dikenal sebagai *Free Space Loss* (FSL) berikut:

$$FSL_{i,dB} = 10 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 = 32.44 + 20 \log f_{MHz} + 20 \log d_{km} \quad 2.1$$

Di mana f_{MHz} adalah frekuensi kerja dari sistem komunikasi dan d_{km} adalah jarak antara transmitter kepada receiver. Kondisi perhitungan ini hanya berlaku dalam kasus *Line of Sight* (LoS), yakni tidak terhalangnya lintasan sinyal antara transmitter ke receiver. Namun

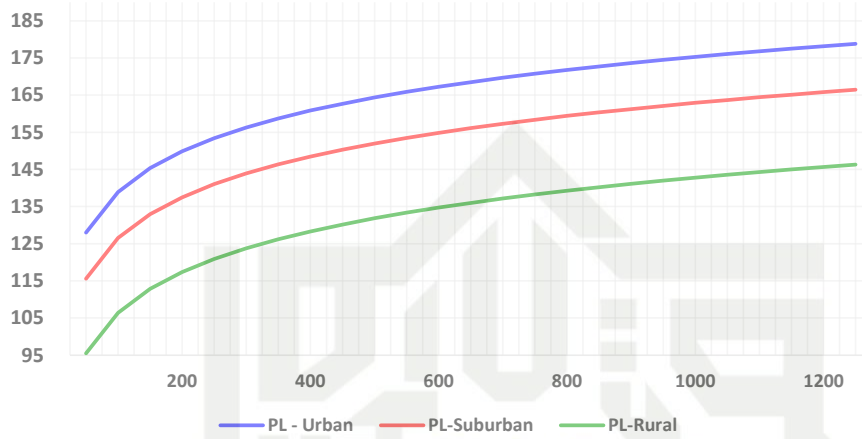
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

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

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

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Penggunaan model FSL ini sangat tidak efektif jika digunakan untuk lingkungan *sub-urban* ataupun *urban*, di mana kesalahan penerimaan sinyal yang diperoleh cukup besar hingga 0dB lebih.



Gambar 2. 7 Model Okumura – Hata tinggi antenna 15 m, frekuensi 2GHz

Model-model *pathloss* yang sering digunakan dalam simulasi radio selular salah satunya adalah *Okumura – Hata*. Dalam kondisi *sel urban* model ini memiliki formula sebagai berikut [20]:

$$L_U = 69.55 + 26.16 \log f_{MHz} + 13.82 \log h_B - C_H + (44.9 - 6.55 \log h_B) \log d_{km} \quad 2.2$$

Di mana, h_B adalah ketinggian instalasi antenna pada *base station*, d_{km} adalah jarak antara *transmitter* dan *receiver* dalam satuan km dan f_{MHz} adalah frekuensi kerja dari sistem komunikasi dalam satuan MHz. Adapaun untuk lingkungan *sub-urban* dihitung dengan menggunakan:

$$L_{SU} = L_U - 2 \left(\log \frac{f_{MHz}}{28} \right)^2 - 5.4 \quad 2.3$$

Sedangkan untuk lingkungan *rural* dihitung menggunakan:

$$L_O = L_U - 4.78(\log f_{MHz})^2 + 18.33 \log f_{MHz} - 40.94 \quad 2.4$$

Di mana untuk kota besar nilai koreksi ketinggian antenna:



$$= \begin{cases} (3.2(\log(11.75h_m))^2 - 4.97 & \text{Big city} \\ 0.8 + (1.1 \log f_{MHz} - 0.7)h_m - 1.56 \log f_{MHz} & \text{Medium - small} \end{cases} \quad 2.5$$

Hasi scanning redaman dengan menggunakan model ini hingga jarak 2500meter diperlihatkan oleh Gambar 2.7, di mana tinggi antenna 30meter pada lingkungan urban.

2.2 Model Vector

2.2.1 Pemodelan Coverage

Penyajian *site* dalam analisis secara visual (peta), sering digambarkan dalam bentuk *vector* atau *beam width* dengan sudut tertentu, sebagaimana yang digunakan pada Gambar 2.6 [11]. Umumnya penyajiannya menggunakan *radius* yang sama untuk setiap *sitenya*, sehingga secara visual tidak mepresentasikan *radius coverage* yang sebenarnya. Dalam penelitian ini, *radius coverage* akan disajikan dalam bentuk *vector* dimana arah *vector* menunjukkan *azimuth* dan panjang *vector* mewakili *radius* dominasi dari *coverage* sel tersebut.

Berdasarkan model yang diberikan pada Gambar 2.4[3], arah *vector* merepresentasikan *azimuth* dari antenna dan panjang *vector* dapat didefinisikan berdasarkan besarnya *downtilt* (θ) yang digunakan pada *antenna* [4]. Dengan merujuk kepada Trigonometri, jika tinggi *antenna* relatif disimbolkan dengan h_{ant} , dan jarak dalam satuan meter maka besaran *vector* ini dapat dihitung sebagai berikut:

$$D_{cov} = \frac{h_{ant}}{\tan \theta} \quad 2.6$$

Sedangkan area yang dicakupi oleh *outer cell radius* dapat digunakan sebagai *overlap* dengan *coverage* lainnya yang bersinggungan untuk tujuan *handover*. Jika *Half Power Beam Width* (HPBW) elevasi yang digunakan disimbolkan dengan β , maka jangkauan ini dapat dihitung dengan persamaan:

$$D_{HO} = \frac{h_{ant}}{\tan(\theta - \beta)} \quad 2.7$$

Pada bidang horizontal, HPBW *azimuth* dapat didefinisikan sebagai area dominasi *coverage* di mana daya hanya mengalami penurunan 3dB. Meskipun demikian, pola radiasi yang diberikan pada bidang horizontal ini cenderung melandai hampir membentuk lingkaran

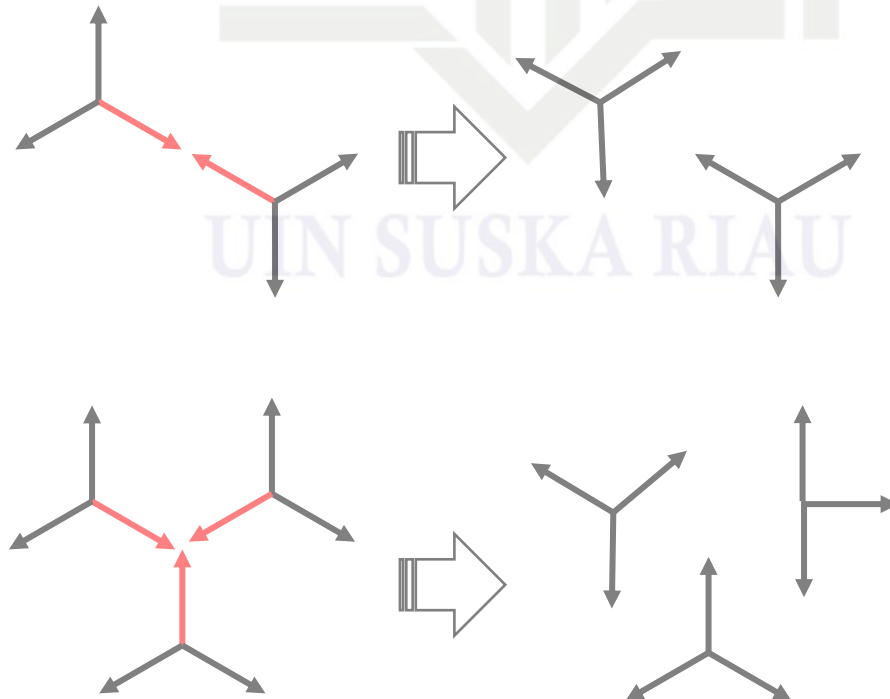
Omni-directional). Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.4 [15] di mana pada rentang sudut 20° daya hanya mengalami penurunan sekitar 10dB dan pada rentang 180° sekitar 25dB. Berdasarkan fakta ini, maka *coverage* area secara dominan dimodelkan secara *omni-directional* dengan pusat lingkaran $\frac{1}{2}$ dari *radius coverage* sel tersebut. Sedangkan pada area *Handover*, *coverage* dapat bersinggungan satu sama lainnya [7].

2.2.2 Skenario Interferensi

Interferensi atau lebih tepatnya *co-channel interference* sangat mungkin terjadi ketika dua *coverage* atau lebih pada channel yang sama saling berhadapan. Solusi yang mungkin dilakukan adalah memutar *azimuth* dari *coverage* pada *site-site* yang terlibat sehingga tidak mengarah langsung pada zona yang mengalami interferensi [10]. Besarnya interferensi ini diukur dengan menggunakan parameter *Signal to Inference and Noise Ratio* (SINR):

$$SINR_{i,dB} = \frac{P_{i,dB}}{10 \log(P_N + \sum_{m \neq i}^M P_m)} \quad 2.8$$

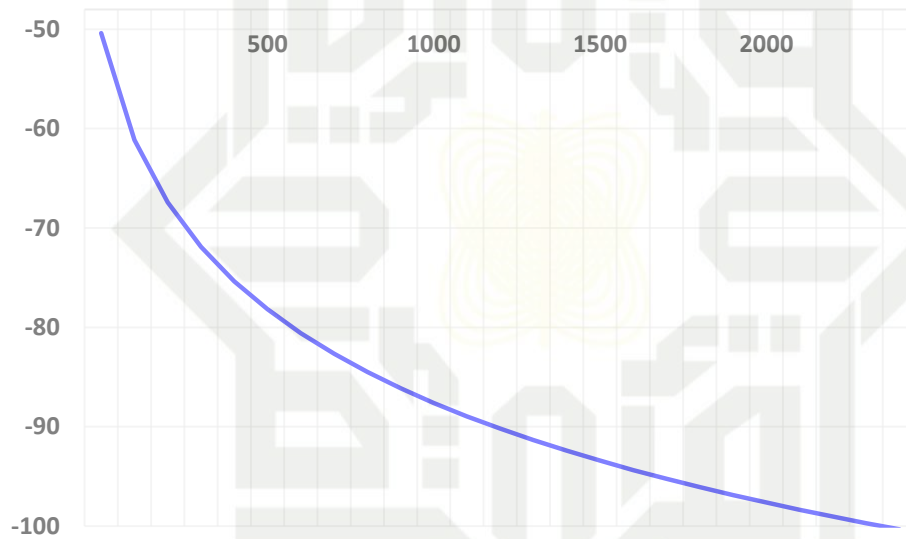
Di mana P_N adalah *daya noise thermal* pada sistem *receiver* dan $P_{i,dB}$ adalah kuat sinyal penerimaan *channel* ke-*i* pada sisi *receiver* dalam satuan *decibel*.



Gambar 2. 8 Skenario 2 *site* dan 3 *site* yang terlibat interferensi

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.

Skenario interferensi ini menyebabkan dominasi *channel* pada titik penerimaan antar *coverage* tersebut menjadi kabur atau tidak stabil [16]. Meskipun demikian, mustahil untuk dapat selalu menghindari kondisi tersebut ketika jumlah *site* yang saling berdekatan semakin banyak. Sehingga solusi terbaiknya adalah menjaga agar *coverage-coverage* yang saling berdekatan tersebut tidak saling berhadapan. Skenario-skenario ini diperlihatkan oleh gambar 2.8, di mana dua dan tiga *site* yang terlibat dalam skenario *interferensi* [10]. Tetapi jika pada skenario pilihan *azimuth* tidak memungkinkan untuk menghindari terjadinya bentrokan *coverage*, maka dalam hal ini konfigurasi *azimuth* dapat dikenai *pinalti*.



Gambar 2. 9 Daya penerimaan

2.2.3 Perhitungan Koordinat *Radius*

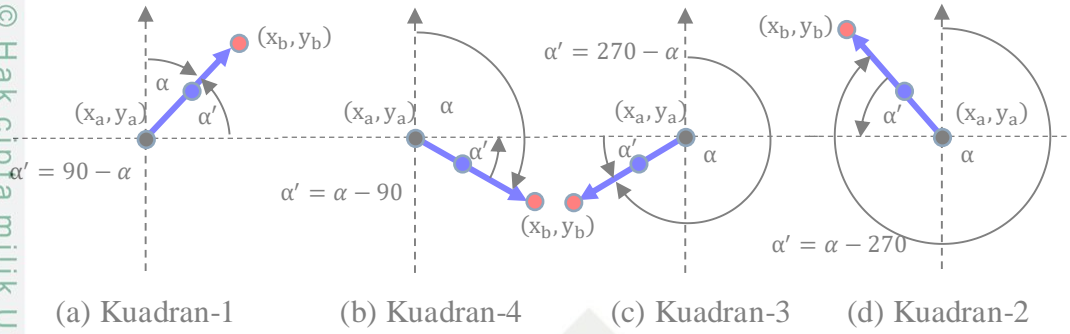
Metoda tercepat dalam mendeteksi interferensi berdasarkan *vector* adalah dengan menghitung terlebih dahulu 2 koordinat tambahan selain koordinat *site* (titik warna hitam pada Gambar 2.10) dari *coverage* yang akan dianalisis [6]. Koordinat tersebut adalah titik *radius* maksimum (titik warna merah pada Gambar 2.10) dan titik tengah *radius* (titik warna biru pada Gambar 2.10). Ketiga titik ini dapat digunakan kemudian untuk menganalisis keadaan di mana *overshooting* telah terjadi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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.



Gambar 2. 10 : Azimuth dan kuadran pada model *vector*

Perlu diketahui bahwa definisi sudut α (*azimuth*) pada jaringan selular dengan sistem kuadran pada koordinat *Cartesian* adalah berbeda. Pada sistem kuadran, sudut dihitung mulai dari sumbu-x positif berlawanan dengan putaran arah jarum jam, sedangkan pada *azimuth* dihitung mulai dari arah utara (sumbu-y positif) searah dengan putaran jarum jam. Namun tujuan utama terkait informasi *azimuth* ini adalah untuk menghitung α' , yakni sudut terkecil yang dibentuk oleh sumbu-x terhadap garis *radius* (ρ). Cara menghitung sudut tersebut akan berbeda untuk masing-masing kuadran sebagaimana yang diperlihatkan pada gambar 2.10. Perhitungan ini dapat disederhanakan menjadi:

$$\alpha' = \begin{cases} |\alpha - 90| & 0 \leq \alpha \leq 180 \\ |\alpha - 270| & \text{else} \end{cases} \quad 2.9$$

Setelah α' diketahui, maka koordinat (x_b, y_b) dapat dihitung berdasarkan kuadrannya masing-masing, yakni:

$$x_b = \begin{cases} x_a + \rho \cos \alpha' & \alpha \leq 180 \\ x_a - \rho \cos \alpha' & \text{else} \end{cases} \quad \text{dan} \quad y_b = \begin{cases} y_a - \rho \sin \alpha' & 90 \leq \alpha \leq 180 \\ y_a + \rho \sin \alpha' & \text{else} \end{cases} \quad 2.10$$

2.2.4 Metoda Deteksi Interferer

Untuk dapat memastikan suatu *vector* tidak memotong area *coverage* suatu sel, setidaknya dapat diuji dengan mengukur jarak *site* tersebut kepada 3 titik sel yang akan diuji (*interferer*) yakni titik *site*, tengah *radius* dan *radius* maksimumnya [10] [6]. Sedangkan untuk mengukur jarak kepada titik tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sederhana berikut:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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.

$$\rho_s = \sqrt{(x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2} \quad 2.11$$

Jika $\rho_s > \rho_a$, maka dapat disimpulkan bahwa *coverage* sel yang akan diukur tersebut tidak *overshooting* kepada sel yang sedang melayani. Kemudian pengujian dapat dilanjutkan dengan mengukur jarak titik tengah *radius* sel yang diuji terhadap titik koordinat [6] *site* yang melayani, dan jarak ini misalkan disimbolkan dengan ρ_s' . Jika $\rho_s' < \rho_s$, maka terdapat kemungkinan *coverage* sel yang diuji memotong *coverage* sel yang sedang melayani. Oleh karena itu hal ini dapat dipastikan dengan menghitung jarak aman dengan *constrain* sebagai berikut:

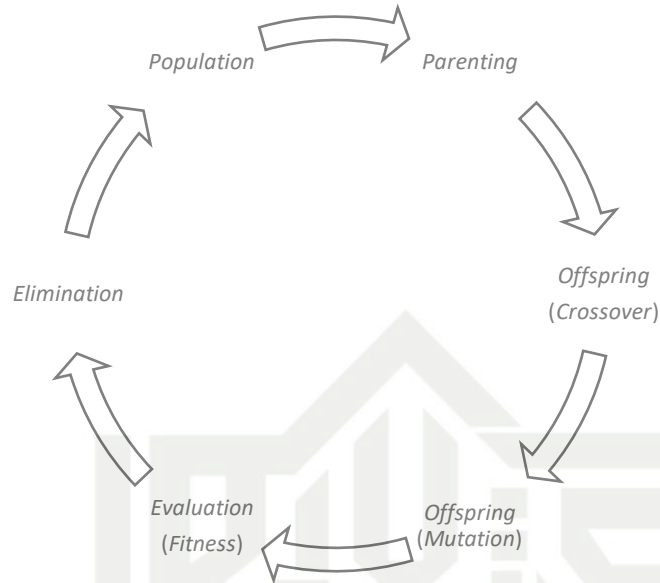
$$\rho_a < \rho_s' + \frac{1}{2}\rho_b \quad 2.12$$

Jika kondisi pada persamaan di atas tidak terpenuhi, maka dapat disimpulkan *coverage sel* yang sedang diuji besar kemungkinan memotong *coverage* sel yang sedang melayani saat ini.

2.3 Usulan Implementasi Genetic Algorithm Pada Proses Optimasi

Algoritma GA merupakan representasi makhluk hidup yang berusaha untuk bertahan dari tahapan masa ke masa [8, 9]. Algoritma ini menggambarkan lahirnya generasi baru dalam setiap masa dan hanya mereka yang kuatlah yang akan hidup di masa berikutnya, sedangkan lainnya akan musnah oleh pergantian waktu tersebut. Adapun banyaknya populasi untuk setiap masa (dalam hal ini disebut sebagai generasi), dikondisikan berjumlah tetap sehingga jumlah komputasi yang dilakukan tidak akan berkembang seiring dengan penambahan generasi [14]. Tahapan generasi ini akan terus berlangsung hingga keadaan terminasi telah tercapai. Kondisi terminasi ini dapat dilakukan dengan dua cara, yakni dengan membatasi jumlah generasi atau jika kondisi *fitness* diinginkan telah tercapai. Representasi pertukaran generasi ini diperlihatkan oleh Gambar 2.11 yang terdiri dari 6 tahapan.

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 2.11 Sirkulasi generasi pada algoritma GA

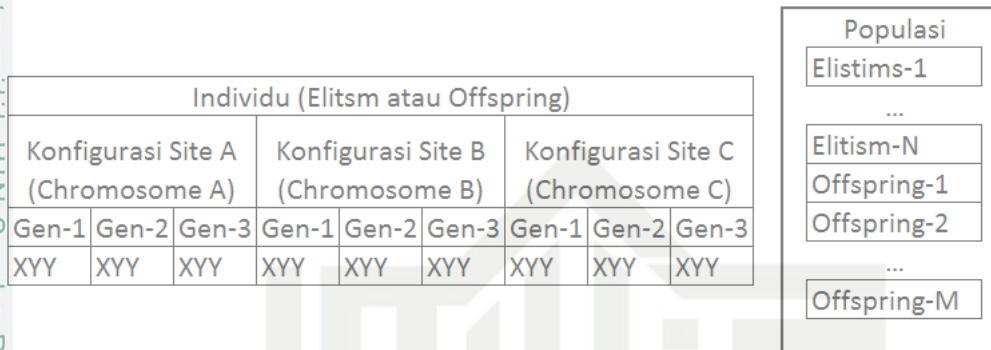
2.3.1 Population

Populasi merupakan kumpulan dari beberapa individu-individu di mana setiap individu tersebut merupakan solusi dari permasalahan *meta-heuristic*. Individu ini dapat berasal dari generasi yang baru saja dilahirkan (*offspring*) atau berasal dari generasi sebelumnya yang memiliki *fitness* yang telah teruji (*Elitism*). Adapun individu dalam setiap populasi generasi akan terus berjumlah sama dengan cara mengeliminasi kelebihan populasi yang disebabkan oleh kelahiran *offspring* [8].

Individu merupakan kumpulan dari beberapa *chromosome* yang saling terintegrasi. *Chromosome* ini dapat dimodelkan sebagai konfigurasi untuk setiap *site*. Sehingga jumlah *chromosome* bergantung kepada jumlah *site* yang akan dianalisis dalam permasalahan ini. Keberadaan *chromosome* merupakan objek dari dilakukannya operasi *crossover* (kawin silang) untuk menghasilkan *offspring* (anak) [9].

Chromosome merupakan kumpulan dari beberapa *gene* (gen) sebagai representasi dari konfigurasi *sectorial* (sel radio). Pada gen inilah nilai informasi yang akan dioptimasi akan dipertukarkan untuk mendapatkan kinerja yang optimal. Nilai informasi pada gen ini kemudian disebut sebagai *Allele*. Sebagai contoh, jika informasi yang akan dipertukarkan adalah *radius* sel dan *azimuth sectorial*, maka *allele* harus memiliki 2 jenis pengkodean untuk ditempatkan pada setiap gen-nya. Sedangkan jika sektor yang dimiliki oleh setiap *site* dimodelkan dalam 3 *azimuth*, maka *allele* akan tersusun dalam konfigurasi 3 gen tersebut.

Contoh implementasi populasi yang terdiri dari 3 *chromosome (site)* dapat dilihat pada Gambar 2.12 berikut.



Gambar 2.12 Ilustrasi Populasi suatu generasi yang terdiri dari 3 *site*

Pada kondisi awal (inisial) populasi dapat dibangkitkan secara *random* atau dengan melakukan pendekatan strategi lainnya. Untuk memudahkan proses pembangkitan dan membatasi jumlah gen, sistem kode dalam basis-10 dapat digunakan. Meskipun *allele* yang dihasilkan memiliki digit lebih dari satu, tetapi hal ini dapat diakali dengan pendefinisian gen dalam bentuk slot matriks.

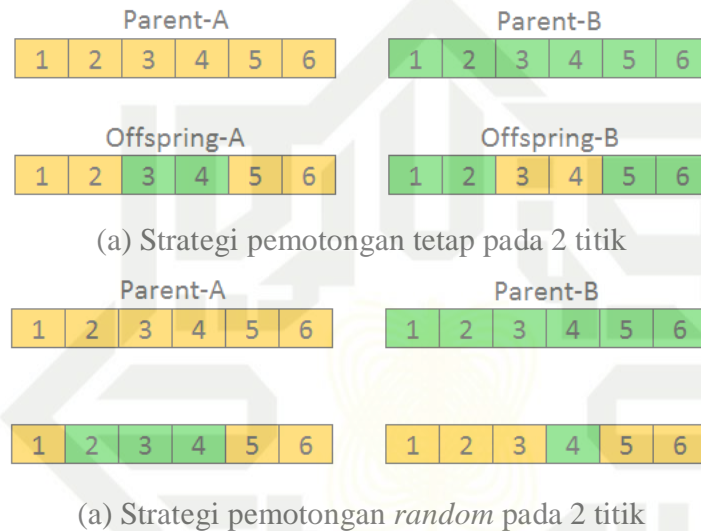
2.3.2 Selection (Coupling)

Selection dimaksudkan untuk memilih pasangan yang akan melakukan operasi reproduksi, yakni *crossover* dan *mutation*. Dalam beberapa *literature*, banyak metoda yang telah diusulkan seperti *roulette*, *tournament*, *probabilitas* dan lain-lain. Perbedaan utama strategi tersebut terletak pada proses pencalonannya, yakni “*with replacement*” dan “*without replacement*”. Meskipun banyak strategi dalam memilih pasangan, tetapi semakin kompleks algoritma yang akan digunakan akan membuat waktu dan jumlah komputasi semakin meningkat. Selain itu, sifat *random* atau tidak *randomnya* dalam memilih tidak akan jauh berbeda meskipun dilakukan secara bertingkat dan berkali-kali. Penelitian ini akan menggunakan metoda “*without replacement*”, yakni pasangan yang telah terpilih tidak akan terpilih kembali untuk calon pasangan berikutnya [8] [9].

2.3.3 Crossover (Perkawinan Silang)

Crossover merupakan operator utama dalam algoritma GA untuk mempertukarkan nilai gen antara dua individu [8]. Oleh karena itu, *crossover* dilakukan dengan peluang yang

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 2.13 Metoda *Crossover* dengan 2 titik potong yang tetap

Strategi dalam pemotongan gen-gen ini dapat dilakukan dalam dua cara, yakni variasi dalam menentukan titik potong dan variasi dalam jumlah pemotongannya. Jika jumlah gen semakin banyak, sebaiknya jumlah pemotongan pun semakin banyak juga, begitu juga penentuan titik potong yang *random* akan lebih membantu dalam mengatasi keadaan *premature convergence*. Meskipun tidak ada standarisasi dalam pemotongan ini, tetapi kesederhanaan algoritma dan jumlah variasi yang mungkin diperoleh sangat menentukan kinerja dari algoritma GA. Adapun contoh strategi *crossover* ini diperlihatkan oleh Gambar 2.13.

2.3.4 Mutation

Sebagaimana halnya *crossover*, *mutation* juga merupakan operator dalam proses reproduksi *offspring* dalam algoritma GA [8]. Tujuan dari operator ini adalah untuk mengganti nilai gen (*allele*) dalam rentang penilaiannya. Penelitian terdahulu menyatakan bahwa tidak semua *offspring* yang dilahirkan pasti mengalami *mutation*, karena umumnya

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.

peluang *mutation* ini relatif cukup kecil yakni kurang dari 0.2. Namun nilai peluang ini dapat ditingkatkan jika peningkatan kinerja generasi ke generasi cukup lama.

Jika gen dikodekan dengan menggunakan *binary*, maka pergantian nilainya dapat menggunakan strategi *bit flip mutation*, yakni mengubah bit 0 menjadi 1 atau sebaliknya. Ketika *allele* menggunakan basis 10 atau lainnya, strategi nilai pertukaran harus mencakup rentang basisnya. Oleh karena itu, semakin banyak digit *allele* yang digunakan, semakin lambat variasi yang dapat diperoleh dan boleh jadi mengarah kepada kondisi *premature convergence*. Oleh karena itu sebaiknya pada setting individu yang memiliki digit *allele* yang lebih dari satu dan jumlah gen yang banyak, proses *mutation* tidak hanya dilakukan satu kali saja. Salah satu contoh strategi *mutation* adalah sebagaimana yang diperlihatkan oleh Gambar 2.14.

Offspring-A					
2	2	2	5	4	1

Offspring-A					
2	2	9	5	8	1

Gambar 2. 14 Strategi *Random 2 point mutation*

2.3.5 Fitness

Proses *fitness* merupakan operasi wajib yang akan dilalui baik oleh *parent* maupun *offspring* yang telah lahir [8]. Tujuan dari operasi ini adalah untuk mengukur daya tahan individu sebelum menghadapi proses eliminasi. Dalam berbagai literature, fungsi *fitness* yang terbaik boleh jadi yang memiliki nilai maksimum atau sebaliknya, tergantung metoda pemodelan yang digunakan dalam memberikan *pinalti* [6].

Dalam kasus optimasi nilai *fitness* terbaik merepresentasikan konfigurasi yang paling sedikit melanggar aturan main yang disebut sebagai *constraint*. Ketika pelanggaran terjadi, maka individu tersebut harus mendapatkan *pinalti*. Evaluasi ini dapat dilakukan dalam basis gen, dimana konfigurasi setiap *coverage* dianalisis [10]. Dengan kata lain, setiap individu akan mengalami tes sebanyak jumlah gen yang dimilikinya. Sehingga total *fitness* yang dimiliki oleh setiap individu adalah akumulasi dari jumlah *pinalti* yang dilakukan oleh setiap gen-nya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Karakteristik Penelitian

3.1.1 Sifat dan jadwal pelaksanaan penelitian

Berdasarkan metoda pengumpulan data, penelitian ini dilakukan berdasarkan simulasi di mana data dibangkitkan oleh simulasi komputer (*laboratory research*) di mana jenis data yang digunakan adalah bersifat kuantitatif. Merujuk kepada tujuan penelitian adalah menguji kebenaran implementasi algoritma GA dalam menyelesaikan permasalahan optimasi. Sehingga dalam hal ini penelitian ini dapat juga disebut sebagai penelitian percobaan (*experiment research*).

Tabel 3. 1 Jadwal pelaksanaan kegiatan penelitian

Rincian Kegiatan		Bimbingan	Bulan Bimbingan					
			1	2	3	4	5	6
Tahapan Seminar								
1	Penetapan tema penelitian	1	x					
2	Pencarian sumber referensi	4	xx	xx				
3	Penetapan karakteristik penelitian	1		x				
4	Penulisan proposal	6		xx	xxxx			
5	Persiapan seminar proposal	1			x			
Tahapan Sidang								
1	Revisi Seminar	1			x			
2	Pengkodean algoritma	4				xxxx		
3	Pengujian skenario penelitian	2					xx	
4	Analisis hasil dan kesimpulan	4				xx	xx	
5	Penulisan laporan akhir	6			xx	xx	xx	
6	Persiapan sidang	1						x
Total Pertemuan		31	3	5	8	8	6	1

3.1.2 Kebutuhan penelitian

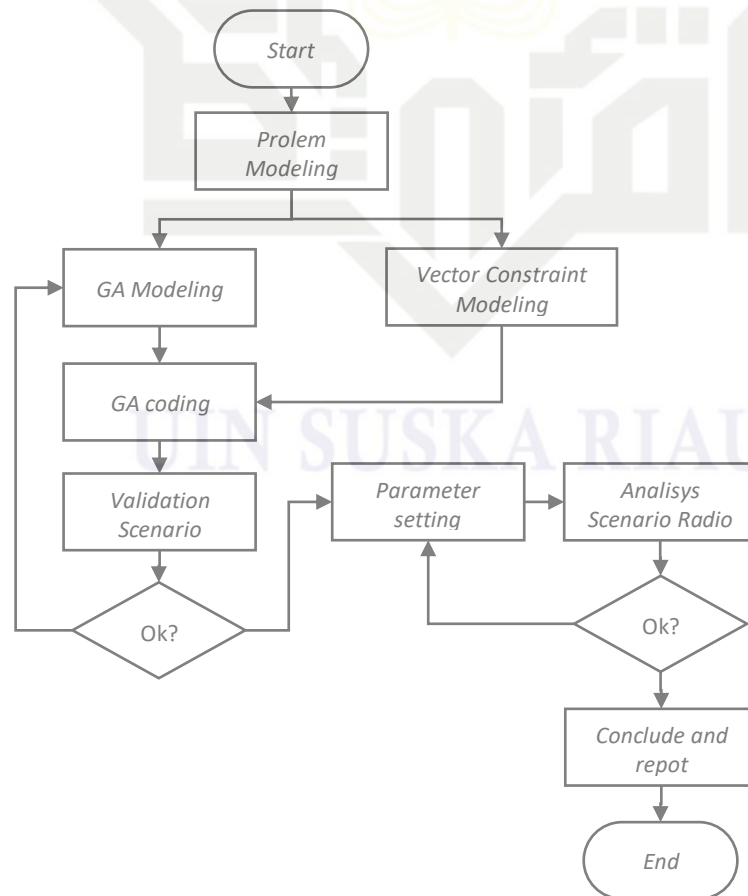
Untuk melaksanakan kegiatan penelitian ini maka beberapa peralatan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. Komputer/Laptop: Media utama dalam penelitian
2. Program *Excell*: alat bantu dalam menghitung cepat dan penyajian data tabel
3. Program *Matlab*: membangun simulator dan proses simulasi
4. Program *Mapinfo*: alat bantu dalam penyajian data visual
5. Alat tulis: alat bantu untuk perancangan model dan penulisan laporan

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.

1.3 Tahapan penelitian

Hampir seluruh kegiatan penelitian dilakukan dengan menggunakan komputer, sehingga tahapan penelitian pun akan dirancang berdasarkan penggunaannya. Sebelumnya akan didefinisikan permasalahan terkait *layout* jaringan heterogen dan model *vector* yang akan digunakan. Dari informasi ini kemudian algoritma GA dirancang berdasarkan *constraint* yang telah ditetapkan. Validasi algoritma GA akan dilakukan secara sederhana untuk menghindari terjadinya *premature convergence* pada simulasi generasinya. Parameter yang akan dianalisis disini mencakup proses *crossover*, *mutation* dan jumlah generasi. Setelah algoritma GA siap untuk digunakan, skenario-skenario radio akan dianalisis. Tujuan dari tahapan analisis ini adalah mengukur pelanggaran *constraint* yang terjadi dan menganalisis penggunaan *pinalti* dalam algoritma *fitness* GA. Jika efektivitas dan efisiensi model telah dicapai, maka parameter radio dapat diekstrak untuk mendapatkan hasil akhir dari tujuan penelitian. Berikut alur diagram tahapan penelitian yang akan dilakukan sebagaimana yang diperlihatkan oleh Gambar 3.1.

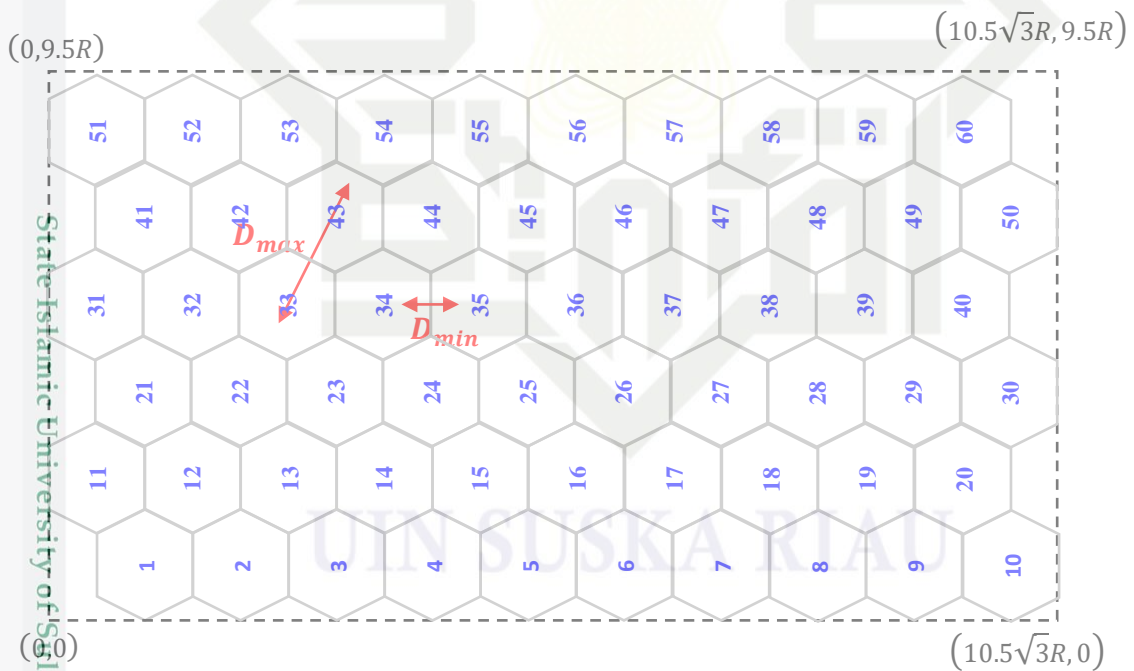


Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian

2.2 Pemodelan RF

2.2.1 Model Layout

Berdasarkan teori sebelumnya bahwa jaringan seluler heterogen merupakan kumpulan *site* yang terdistribusi secara *random*, baik dalam hal *radius coverage*, tinggi *antenna*, daya pancar dan parameter radio lainnya. Untuk mewujudkan lingkungan distribusi *site* yang terdefinisi secara heterogen, dapat diawali dengan memendistribusikan *site* terlebih dahulu secara homogen yakni dengan menggunakan bantuan bangun *hexagonal*. Titik koordinat masing-masing *site* dihitung berdasarkan titik tengah *hexagonal*, di mana satu *hexagonal* diberikan 1 *site*. Dengan mendaftarkan titik koordinat ini pada program Excel, titik-titik *site* tersebut kemudian dapat diubah secara acak dengan menggunakan fungsi *random*. Berdasarkan tujuan penelitian, jumlah *site* yang akan didaftarkan adalah sebanyak mungkin untuk meningkatkan tingkat kerumitan permasalahan yang akan dibahas.



Gambar 3. 2 Homogen *Hexagonal-distributed site*

Jika jarak secara horizontal (dimensi-*x*), titik koordinat digeser secara *random* sejauh setengah dimensi-*x* sebelumnya, ke kiri atau kekanan dan juga secara vertikal (dimensi-*y*) sejauh setengah dimensi-*y* sebelumnya, ke atas atau ke bawah, maka jarak antar *site* terdekat (D_{min}) dan terjauh (D_{max}) dapat dihitung sebagai berikut:

$$D_{min} = \frac{1}{4}\sqrt{3} R + \frac{1}{4}\sqrt{3} R \approx 0.866 R \quad 3.1$$

$$D_{max} = 2R \left(\sqrt{\left(\frac{1}{4}\sqrt{3}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2} \right) \approx 1.32R \quad 3.2$$

Jika diinginkan *radius coverage minimum* adalah 500m, maka:

$$2 \times 500m = 0.866R \rightarrow R \approx 1.15 km \quad 3.3$$

Sehingga dengan menggunakan *radius hexagonal* ini, maka jarak terjauh adalah 1524 meter. Artinya, sistem code yang harus dibangun adalah dalam rentang 500meter hingga 1524 meter. Hasil simulasi *layout radius* ini dengan menggunakan excel diperlihatkan oleh Gambar 3.3, di mana model homogen sebelumnya diberikan oleh Gambar 3.2, sedangkan tabel koordinatnya diberikan pada Lampiran A.



Gambar 3. 3 *Layout model permasalahan penelitian – 60 heterogen*

3.2.2 Pengkodean *Radius*

Model *coverage* yang diinginkan adalah *radius* yang mencakup hingga setengah zona *handover* sebagai area *hard constraint* dan setengah area *handover* selanjutnya adalah sebagai area *reward* (yang diinginkan terjadinya *overlap*). Berdasarkan persamaan 2.6 dan

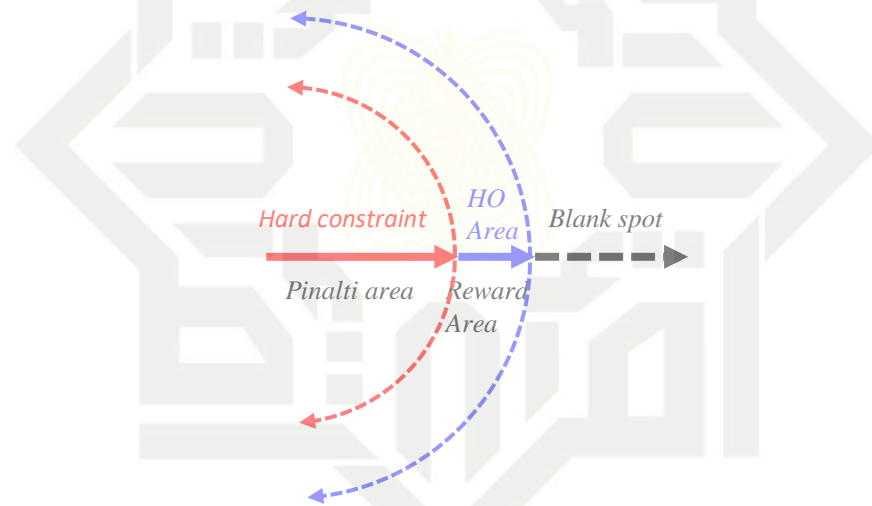


- 1.7, Subungan antara tinggi antenna *site* (h_b), *downtilt* (θ), jarak *radius* dapat dihitung sebagaimana yang diberikan oleh tabel 3.2 berikut.
 - Berdasarkan perhitungan *radius* yang diperoleh pada tabel 3.2 tersebut, maka diambil 9 pilihan untuk dapat dikodekan sebagai model *radius coverage*. Pilihan ini diperlihatkan oleh tabel 3.3.
- Tabel 3. 2 Hasil perhitungan mekanisme *Radius Coverage*
- | No | Height | Teta | Inner | Outer | HO area | Radius |
|----|--------|------|-------|-------|---------|--------|
| 1 | 10 | 4 | 143 | 573 | 430 | 358 |
| 2 | 10 | 5 | 114 | 286 | 172 | 200 |
| 3 | 10 | 6 | 95 | 191 | 96 | 143 |
| 4 | 15 | 4 | 215 | 859 | 645 | 537 |
| 5 | 15 | 5 | 171 | 430 | 258 | 300 |
| 6 | 15 | 6 | 143 | 286 | 144 | 214 |
| 7 | 20 | 4 | 286 | 1,146 | 860 | 716 |
| 8 | 20 | 5 | 229 | 573 | 344 | 401 |
| 9 | 20 | 6 | 190 | 382 | 191 | 286 |
| 10 | 25 | 4 | 358 | 1,432 | 1,075 | 895 |
| 11 | 25 | 5 | 286 | 716 | 430 | 501 |
| 12 | 25 | 6 | 238 | 477 | 239 | 357 |
| 13 | 30 | 4 | 429 | 1,719 | 1,290 | 1,074 |
| 14 | 30 | 5 | 343 | 859 | 516 | 601 |
| 15 | 30 | 6 | 285 | 572 | 287 | 429 |
| 16 | 40 | 4 | 572 | 2,292 | 1,720 | 1,432 |
| 17 | 40 | 5 | 457 | 1,145 | 688 | 801 |
| 18 | 40 | 6 | 381 | 763 | 383 | 572 |
| 19 | 50 | 4 | 715 | 2,864 | 2,149 | 1,790 |
| 20 | 50 | 5 | 572 | 1,432 | 860 | 1,002 |
| 21 | 50 | 6 | 476 | 954 | 478 | 715 |
| 22 | 60 | 4 | 858 | 3,437 | 2,579 | 2,148 |
| 23 | 60 | 5 | 686 | 1,718 | 1,032 | 1,202 |
| 24 | 60 | 6 | 571 | 1,145 | 574 | 858 |
| 25 | 70 | 4 | 1,001 | 4,010 | 3,009 | 2,506 |
| 26 | 70 | 5 | 800 | 2,005 | 1,204 | 1,402 |
| 27 | 70 | 6 | 666 | 1,336 | 670 | 1,001 |
- Tabel 3. 3 sistem pengkodean *radius coverage*
- | Code | Radius | Height | Teta | Inner | Outer | HO area |
|------|--------|--------|------|-------|-------|---------|
| 1 | 501 | 25 | 5 | 286 | 716 | 430 |
| 2 | 537 | 15 | 4 | 215 | 859 | 645 |
| 3 | 601 | 30 | 5 | 343 | 859 | 516 |
| 4 | 716 | 20 | 4 | 286 | 1,146 | 860 |
| 5 | 801 | 40 | 5 | 457 | 1,145 | 688 |
| 6 | 858 | 60 | 6 | 571 | 1,145 | 574 |
| 7 | 895 | 25 | 4 | 358 | 1,432 | 1,075 |
| 8 | 1,002 | 50 | 5 | 572 | 1,432 | 860 |
| 9 | 1,202 | 60 | 5 | 686 | 1,718 | 1,032 |

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

Dari tabel 3.3 di atas maka dapat didefinisikan area yang tidak boleh dilanggar oleh *coverage* sel lainnya sebagai *hard constraint*, yakni titik awal sel hingga ke batas *radius*nya. *coverage* yang *overlap* pada area ini kemudian dapat diberikan *pinalti*. Area selanjutnya merupakan daerah untuk melakukan *handover* (*overlapping coverage*), sehingga di sini yakni dari batas *radius* hingga ke *outer*) dapat diberikan *reward*, karena memang *radius coverage* lainnya diharapkan untuk berada pada area ini.

Sedangkan jika *coverage* sel lainnya yang berada lebih jauh daripada *outer*, dapat diabaikan dan dianggap sebagai *blank spot area*. Hal ini didasarkan pada kenyataan, bahwa *coverage* lainnya yang berjauhan justru akan membuat pemberian *pinalti* dan *reward* akan semakin kompleks. Penjelasan daerah *pinalti* dan *reward* ini dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Model *Pinalti – Reward* pada pengukuran *coverage*

3.2.3 Pengkodean *Azimuth*

Sebagaimana yang diperlihatkan pada gambar 2.4a, bahwa sektor-1 terdefinisi dari 0° hingga 120° , dan begitu juga untuk selanjutnya yang dimulai pada sudut 120° dan 240° . Jika *azimuth* dikodekan dalam 2 digit desimal (yakni 00 hingga 99), maka hanya tersedia 100 pilihan *azimuth* untuk setiap sektornya. Oleh karena itu model *azimuth* ini menggunakan $1,2^\circ$ untuk setiap step pilihannya, di mana *code* 00 adalah titik awal *azimuth* untuk setiap sektornya.

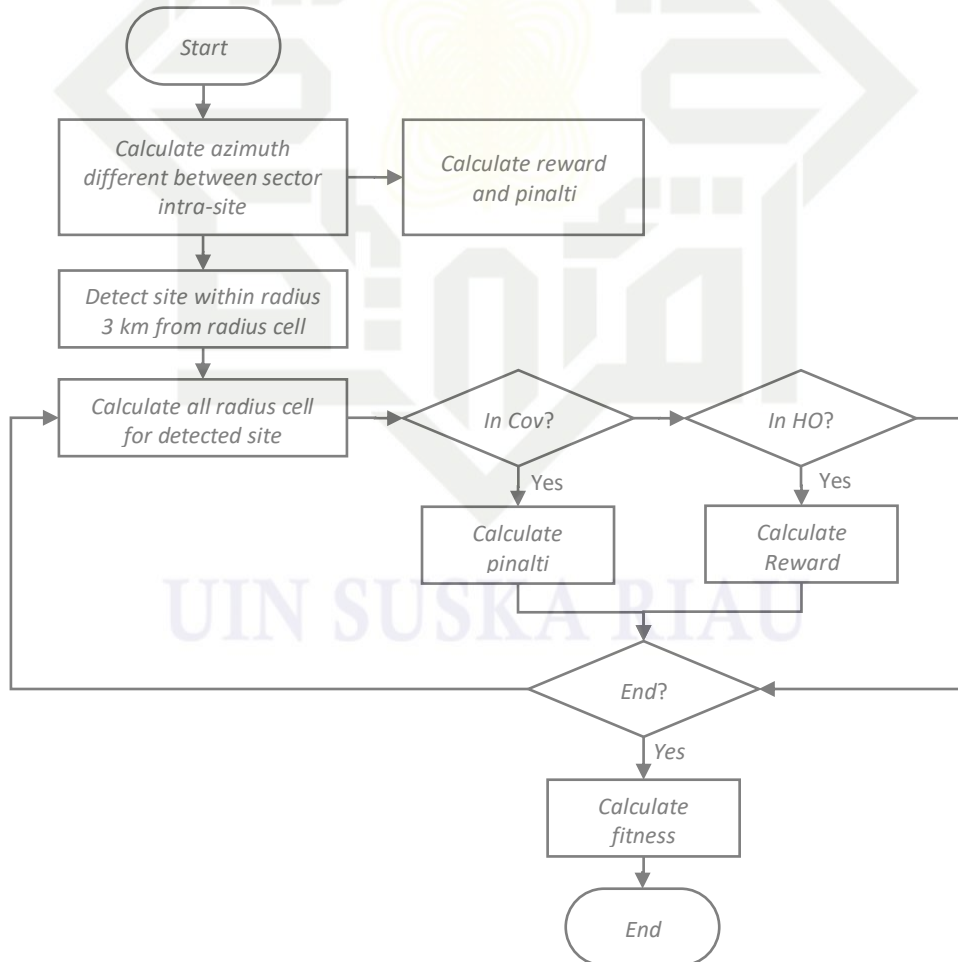
Untuk sektor-sektor pada *site* yang sama, *pinalti* akan diberikan jika perbedaan sudut antar sektornya saling *overlap* pada area HPBW *azimuth*. Maksudnya, jika HPBW *azimuth* yang digunakan adalah 60° , maka jarak *azimuth* minimum antar 2 sektor pada *site* yang sama

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.

adalah 60°. Dengan kata lain, jika terjadi *overlapping* antaranya, maka *pinalti* dapat diberikan untuk setiap derajatnya.

3.2.4 Pengkodean *Pinalti* dan *Reward*

Berdasarkan penjelasan pada sub-bab 3.2.2, pemberian *pinalti* dan *reward* dapat dilakukan dalam dua tahapan, yakni mendeteksi *coverage* sel pada *site* yang sama dan mendeteksi *coverage* sel dari *site* tetangganya. Mekanisme ini adalah sebagaimana yang terjadi pada sistem *handover* pada WCDMA, yakni *softer handover* dan *soft handover*. Tujuannya adalah untuk memberikan ruang untuk terjadinya *handover* antar *coverage* sel yang berdekatan. Adapun alur mekanisme pemberian *pinalti* dan *reward* ini adalah seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3. 5 *Flowchart* perhitungan *fitness* untuk setiap sel



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

Untuk menghindari komputasi yang sia-sia, *candidate coverage* yang akan diuji dibatasi dengan mencari *site* pada 3 km sebagai tetangga (*neighbor site*) yang berpotensi menjadi interferer. Sehingga jumlah sel yang akan dianalisis untuk setiap *coverage*-nya lebih sedikit dari total sel yang ada pada setiap proses *looping*-nya. Pemilihan *search site area* sejauh 3 km ini berkaitan dengan model *radius* maksimum yang digunakan adalah 1.15 km, sehingga jarak terjauh pada saat bersinggungan adalah sejauh 2.3 km. Sedangkan sisa jarak 100 meter dialokasikan sebagai jarak aman untuk wilayah *handover*-nya. Model perhitungan deteksi *site*, hingga keadaan yang saling berdekatan atau saling memotong *coverage* ini telah dipaparkan pada sub-bab 2.2.3 dan 2.2.4 sebelumnya. Adapun teknik dan nilai dalam memberikan *pinalti* dan *reward*, akan diatur dalam skenario analisis selanjutnya.

3.3 Simulator GA

3.3.1 Model Populasi

Mengingat banyaknya variasi yang akan dianalisis, maka perlu untuk menguji jumlah populasi yang akan digunakan dalam penelitian ini. Jika terdapat 60 *sites* yang masing-masing terdiri dari 3 sektor, maka total slot dalam sebuah individu (solusi) adalah 180 di mana setiap slotnya terdapat 899 variasi permutasi. Oleh karena itu, rentang pengujian jumlah populasi ini adalah berkisar antar 10 hingga 100 individu per generasinya. Sedangkan untuk jumlah *elitism* yang akan digunakan dapat diskenarioikan mulai dari 2 hingga 10 individu per generasinya, dimana jumlahnya harus genap. Untuk proses inisialisasi populasi, dapat dibangkitkan dengan menggunakan metoda *uniform distribution*, dimana rentang nilai yang dibangkitkan untuk setiap gen-nya adalah 100 – 999. Model matriks yang akan digunakan dalam memodelkan populasi ini diperlihatkan oleh tabel 3.4 berikut.

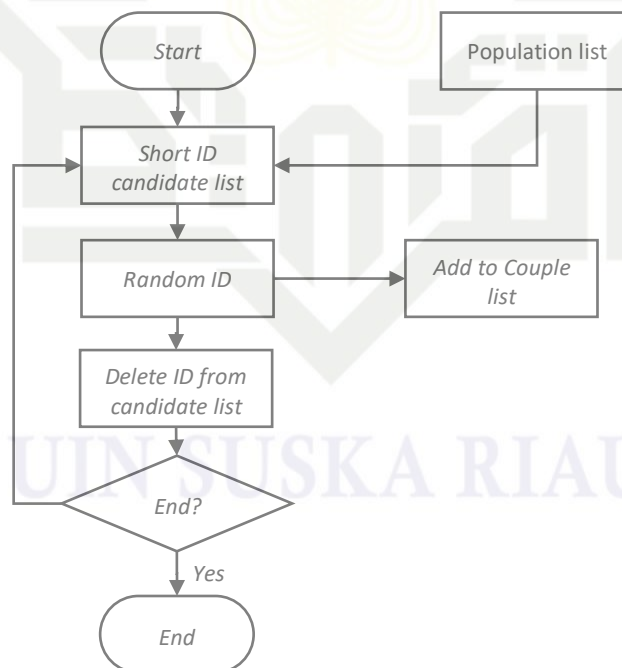
Tabel 3. 4 Model matriks populasi

No	Fitness	Code Individu						
		Site-1			...	Site-60		
		Gen-1	Gen-2	Gen-3		Gen-1	Gen-2	Gen-3
1					...			
2					...			
					...			
N					...			

3.3.2© Algoritma Seleksi (*Coupling*)

Algoritma seleksi digunakan untuk memilih pasangan-pasangan yang akan menjalani proses reproduksi. Dalam penelitian ini digunakan metoda pengambilan tanpa pengembalian (*without replacement*). Artinya, pasangan yang telah terpilih menjadi pasangan, tidak akan terpilih lagi sebagai pasangan lainnya. Hal ini dilakukan untuk memberi kesempatan bagi individu lainnya pada populasi untuk reproduksi dan memberikan variasi-variasi baru.

Proses pemilihan dilakukan berdasarkan daftar individu pada populasi generasi, untuk kemudian dibuatkan daftar sementara untuk proses pemilihan. Pada daftar sementara ini, kemudian diambil satu per satu ID hingga seluruh pasangan terbentuk dan daftar ini menjadi habis. Keluaran dari algoritma ini adalah hanya berupa ID-ID pasangan (*couple list*) yang merujuk pada daftar populasi untuk lebih detailnya. Adapun metoda *random* yang digunakan adalah *uniform distribution*, di mana setiap individu pada daftar memiliki kesempatan yang sama untuk terpilih.



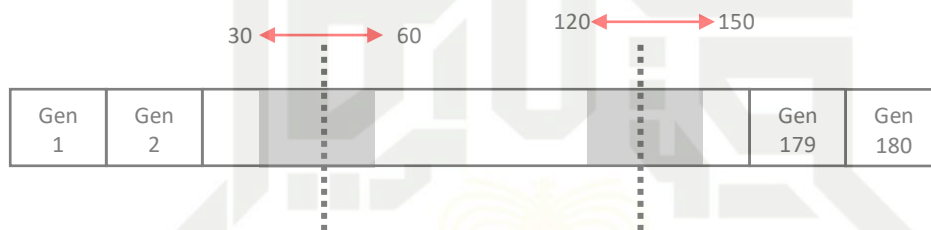
Gambar 3. 6 Pemilihan calon *parent*

Proses *random* yang dilakukan pada algoritma di atas dilakukan secara *uniformly distribution*, yakni setiap pilihan memiliki kesempatan atau peluang yang sama untuk terpilih. Algoritma ini hanya berlaku pada populasi yang berjumlah genap dan jumlah *elitism*

yang berjumlah genap. Adapun diagram alur pemilihan pasangan ini diperlihatkan oleh Gambar 3.6.

3.3.3 Algoritma *Crossover (Offspring)*

Meskipun terdapat banyak teknik dalam melakukan *crossover*, tetapi penelitian ini menetapkan untuk menggunakan teknik 2 titik potong yang dikombinasikan dengan semi-*random* posisi potongan. Hal ini dilakukan untuk memastikan pemotongan yang dilakukan mendekati keseimbangan (simetris) dalam proses pencampuran gen pada *offspring* nantinya. Teknik pemotongan ini diperlihatkan pada Gambar 3.7.

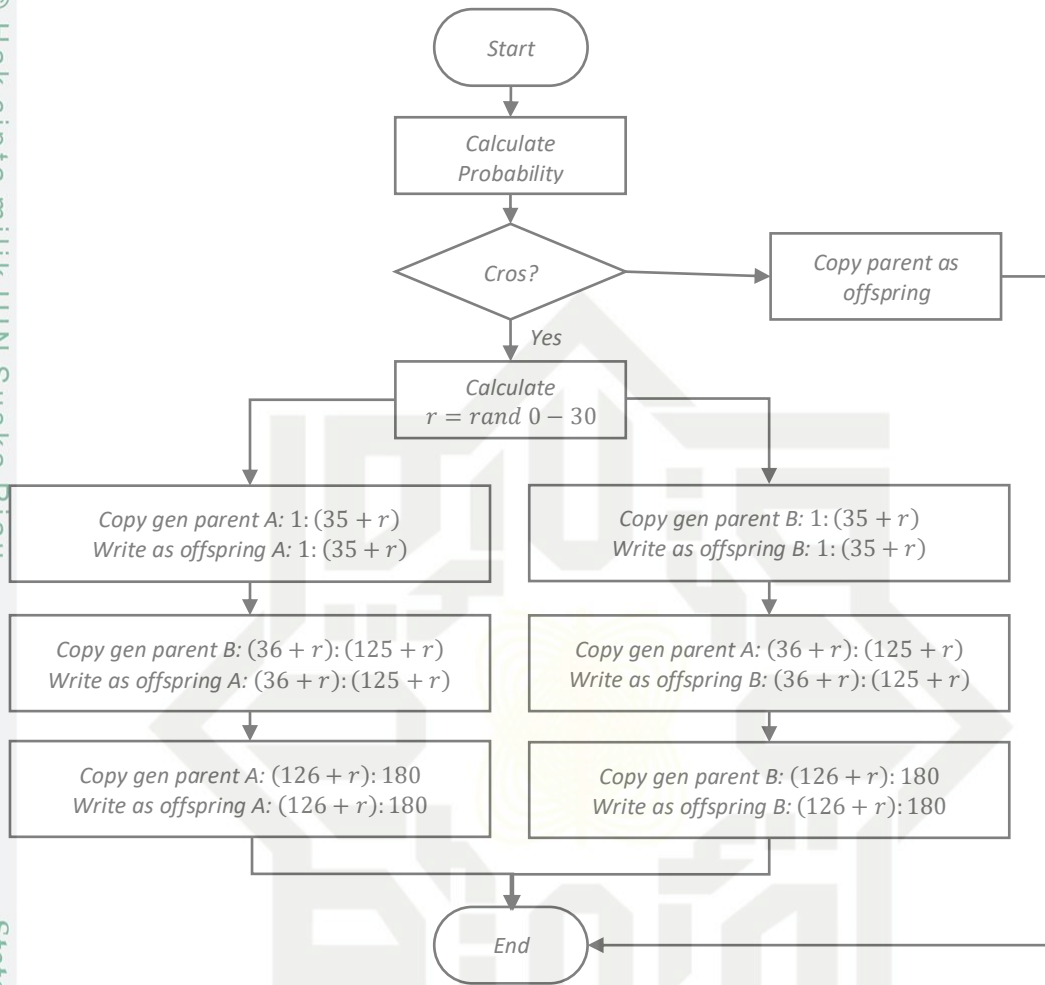


Gambar 3.7 Teknik pemotong *random* gen parent dengan dua titik potong

Teknik ini diawali dengan membagi panjang individu yang terdiri dari 60×3 slot matriks menjadi tiga bagian dengan titik tengah 45 dan 135. Kemudian pada setiap titik tengah tersebut, akan digeser maksimum sejauh 15 slot ke kiri atau ke kanan secara *random*. Dengan demikian terdapat variasi sejauh 30 slot, di mana pergeseran yang terjadi pada setiap titik potongnya dibuat sama. Teknik pencampuran gen pada *offspring* dengan dua titik semi-*random* ini diperlihatkan oleh algoritma pada Gambar 3.8.

Dimana teknik algoritma ini di mulai dengan menghitung dan menetapkan peluang terjadinya *cross* dengan mengkopi gen dari kedua *parent* oleh *offspring* yang di lahirkan, jika terjadi *cross* terhadap gen *offspring* yang di lahirkan maka kita akan menghitung peluang *random* dari 0 hingga 180 gen

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. 8 Flowchart Crossover

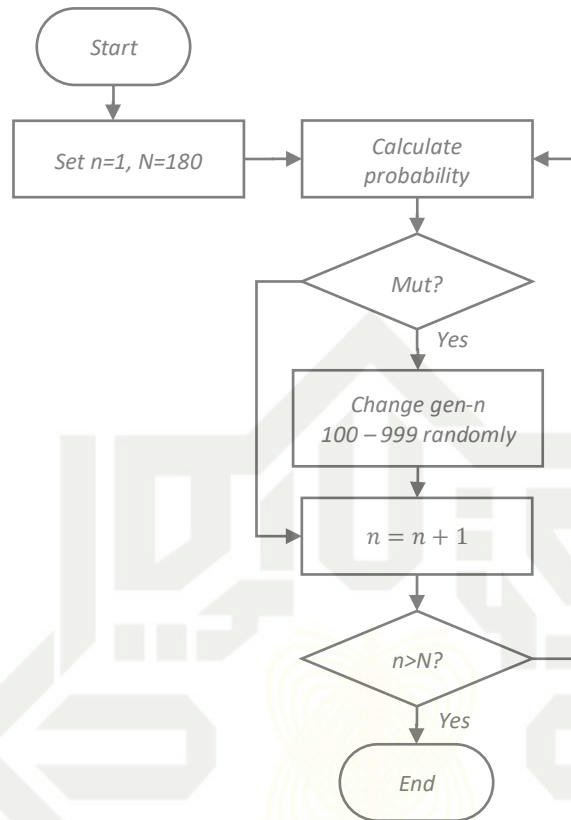
Meskipun tujuan dari algoritma ini adalah untuk mendapatkan campuran gen yang cukup bervariasi, tetapi tidak semua individu akan mengalaminya. Ketika individu tidak berpeluang untuk melakukan *crossover* maka gen dari masing-masing *parent* akan *dicopy* oleh kedua *offspring* yang 100% sama. Hal ini dilakukan untuk memberikan peluang 100% pada proses selanjutnya bagi kedua *offspring* tersebut untuk melakukan operasi *Mutant*. Sehingga tidak akan ada duplikasi individu yang terjadi pada populasi dan *offspring*.

3.3.4 Algoritma Mutasi (*Offspring - Mutant*)

Operasi mutasi ini akan dilakukan gen demi gen dengan peluang yang telah ditetapkan, diulang terus menerus hingga gen terakhirnya pada setiap individu. Tujuan dari algoritma ini adalah mengganti nilai gen atau *allele* ke nilai lainnya. Gambaran diagram alur dari algoritma ini diilustrasikan oleh Gambar 3.9 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. 9 Flowchart operasi mutasi pada individu

3.3.5 Algoritma Evaluasi (*Fitness function*)

Evaluasi *fitness* diimplementasikan pada setiap individu baik mereka yang menjadi *parent* maupun mereka yang berasal dari *offspring* yang baru dilahirkan. Evaluasi ini dilakukan gen demi gen, yakni menganalisis kinerja dari setting parameter untuk setiap selnya dan kemudian dibandingkan dengan *setting* parameter sel-sel lainnya. Meskipun demikian, tidak semua sel-sel yang ada pada individu akan dibandingkan, melainkan hanya mereka yang menjadi sel-sel tetangga dari *setting* sel tersebut.

Perhitungan kinerja dari setiap sel ini telah diberikan oleh Gambar 3.5 sebelumnya, yang mana operasi ini akan dilakukan pada semua gen pada setiap individu. Jika *pinalti* yang diberikan bernilai *minus* dan *reward* bernilai *plus*, maka kinerja individu yang terbaik adalah yang memiliki nilai maksimum. Sedangkan pada konfigurasi individu yang menyebabkan *blank spot*, bukanlah tujuan dari penelitian ini. Hal ini dikarenakan tujuan awal penelitian adalah meminimalkan interferensi.



Metode Analisa

3.4.1 Skenario Validasi Algoritma GA

Skenario validasi ini bertujuan untuk memaksimalkan fungsi algoritma dalam memecahkan permasalahan interferensi pada jaringan seluler. Dalam skenario ini, algoritma GA akan dioptimasi berdasarkan setting parameter pada:

1. Jumlah populasi yang digunakan
2. Peluang terjadinya *crossover*
3. Peluang terjadinya mutasi
4. Jumlah *elitism*.

3.4.2 Skenario Deteksi dan Mitigasi Interferensi

Skenario ini menguji model *vector* yang digunakan dan metoda dalam mendeteksi interferensi berdasarkan informasi yang minimum. Hal ini dapat dilihat dari hasil simulasi algoritma GA yang akan dianalisis secara visual menggunakan aplikasi MapInfo. Adapun parameter yang akan disesuaikan dalam skenario ini adalah:

1. Kelayakan *radius coverage* atau panjang dari *vector*
2. Optimasi zona *handover*
3. Deteksi *coverage* yang bersinggungan
4. Deteksi *coverage* yang saling memotong

3.4.3 Skenario *Pinalti* dan *Reward*

Skenario ini untuk menguji akurasi (efektivitas) dari algoritma GA yang dibangun dengan menggunakan model *vector*. *Pinalti* dan *Reward* ini dapat dianalisis dari hasil yang diperoleh terhadap jumlah pelanggaran yang terjadi terhadap constraint yang telah ditetapkan. Adapun hal yang akan dapat dilakukan dalam proses optimasi algoritma adalah:

1. Metoda *pinalti* dan *reward* secara *constant*
2. Metoda *pinalti* dan *reward* dalam mode propagasi (fungsi logaritma terhadap jarak).

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



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penggunaan algoritma GA dalam menyelesaikan permasalahan otomasi optimasi pada jaringan seluler yang bersifat *heterogen* telah berhasil dilakukan. Dengan penyesuaian parameter GA yang meliputi peluang *crossover* 0,8, peluang mutasi 0,03. Peningkatan jumlah populasi dapat mencegah terjadi *convergensi* dengan laju pertumbuhan yang lebih baik hingga 100 individu dalam setiap populasinya. Efektifitas algoritma ini dapat mencapai *fitness* hingga 97,7% dimana efisiensi berdasarkan durasi simulasinya adalah dengan menggunakan 300 generasi. Sedangkan nilai capaian *fitness* terbaik adalah 3520 dengan kebutuhan iterasinya mencapai 1000 generasi.

5.2 Saran

1. Permasalahan pemilihan *azimuth intra-sel* ini dapat diatasi dengan menggunakan teknik *coding* berdasarkan *template*. Dengan adanya template tersebut, otomatis *overlapnya* sel dapat dicegah dan tidak akan mungkin terjadi.
2. Pelanggaran *inter-site* pada sel harus disesuaikan sehingga pelanggaran perpotongan di sisi *coverage* dapat dihindari. Penggunaan *pinalti* atau *reward* secara degradasi boleh jadi akan memberikan hasil yang lebih optimal.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Wang, Y. Zhou and W. Sha, "Research on wireless coverage area detection technology for 5G mobile communication networks," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol. 13, no. 12, pp. 1-11, 2017.
- [2] A. P. Iyer, E. L. Li and I. Stoica, "Automating Diagnosis of Cellular Radio Access Network Problems," in *MobiCom'17*, Snowbird, UT, USA, October 16-20, 2017.
- [3] D. Boughaci, "Solving optimization problems in the fifth generation of cellular networks by using meta-heuristics approaches," in *7th International Learning & Technology Conference 2020 (17 th L&T Conference)*, 2020.
- [4] M. Skocaj, L. Amorosa, G. Ghinamo, G. Muratore, D. Micheli and F. Zabini, "Cellular Network Capacity and Coverage Enhancement with MDT Data and Deep reinforcement Learning," 22 2 2022. [Online]. Available: <https://arxiv.org/pdf/2202.10968.pdf>. [Accessed 01 05 2023].
- [5] R. Hoffmann, D. Dé sé rable and F. Seredyn' ski, "Cellular automata rules solving the wireless sensor network coverage problem," *Natural Computing*, vol. 21, pp. 417-447, 2022.
- [6] O. Oguejiofor and L. Zhang, "Heuristic Coordinated Beamforming for Heterogeneous Cellular Network," in *2016 IEEE 83rd Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*, Nanjing, China, 15-18 May 2016.
- [7] S. S. Chakravarthi and G. H. Kumar, "Optimization of Network Coverage and Lifetime of the Wireless Sensor Network based on Pareto Optimization using Non-dominated Sorting Genetic Approach," in *9th World Engineering Education Forum 2019, WEEF 2019*, 2020.
- [8] C. M. Agusta, "Algoritma Genetika," Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2018.
- [9] Alam, S. Qamar, A. Dixit and M. Benaida, "Genetic Algorithm: Reviews, Implementations, and Applications," *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, 2020.
- [10] 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 Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2021.
- [11] H. Megnafi, "Frequency Plan Optimization Based on Genetic Algorithms for Cellular Networks," *Journal of Communications Software and Systems (JCOMSS)*, vol. 16, no. 3, pp. 17-223, 2020.
- [12] Wang, S. Li, S. C. Lay, W. H. Yu and C. Wan, "Genetic Algorithms for Optimal Channel Assignments in Mobile Communications," School of Electrical and Electronic Engineering Nanyang Technological University, Singapore.
- [13] H. 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.



- 14] R. Nlend 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.
- 15] S. Samal, K. Swain, S. Bandopadhyaya, N. Dandanov and V. Poulkov, "Dynamic Coverage Optimization for 5G Ultra-dense Cellular Networks used on Their User Densities," Research Square, 29 June 2021. [Online]. Available: https://assets.researchsquare.com/files/rs-582666/v1_covered.pdf?c=1631872121. [Accessed 01 05 2023].
- 16] E. E. Riani and W. F. Mahmudy, "Optimasi Jangkauan Jaringan 4G Menggunakan Algoritma Genetika," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK)*, vol. 3, no. 2, pp. 141-146, 2016.
- 17] "High-level architecture of Mobile Cellular Networks from 2G to 5G," www.3g4g.co.uk, [Online]. Available: <https://www.3g4g.co.uk/Training/intermediate0001.html>. [Accessed 01 05 2023].
- 18] "Power Control in Multi-Layer Cellular Networks," Research gate, 28 Mar 2012. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/221965837_Power_Control_in_Multi-Layer_Cellular_Networks/link/571151c708ae39beb878d868/download. [Accessed 1 5 2023].
- 19] 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.
- 20] B. Alfaresi, M. V. E. Satya and F. Ardianto, "Analisa Model Propagasi Okumura - Hata dan Cost-Hata pada Komunikasi Jaringan Wireless 4G LTE," *Jurnal Ampere*, vol. 5, no. 1, 2020.

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

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

LAMPIRAN

A. Data koordinat *site* – *map info*

cell name	Long	Lat	azimuth	site	sector
1-1	0.012111	0.01493	0	1	1
1-2	0.012111	0.01493	120	1	2
1-3	0.012111	0.01493	240	1	3
2-1	0.031221	0.01176	0	2	1
2-2	0.031221	0.01176	120	2	2
2-3	0.031221	0.01176	240	2	3
3-1	0.051575	0.005592	0	3	1
3-2	0.051575	0.005592	120	3	2
3-3	0.051575	0.005592	240	3	3
4-1	0.069223	0.008693	0	4	1
4-2	0.069223	0.008693	120	4	2
4-3	0.069223	0.008693	240	4	3
5-1	0.085011	0.009732	0	5	1
5-2	0.085011	0.009732	120	5	2
5-3	0.085011	0.009732	240	5	3
6-1	0.103404	0.009411	0	6	1
6-2	0.103404	0.009411	120	6	2
6-3	0.103404	0.009411	240	6	3
7-1	0.122297	0.015137	0	7	1
7-2	0.122297	0.015137	120	7	2
7-3	0.122297	0.015137	240	7	3
8-1	0.140092	0.015459	0	8	1
8-2	0.140092	0.015459	120	8	2
8-3	0.140092	0.015459	240	8	3
9-1	0.156561	0.006633	0	9	1
9-2	0.156561	0.006633	120	9	2
9-3	0.156561	0.006633	240	9	3
10-1	0.176641	0.005311	0	10	1
10-2	0.176641	0.005311	120	10	2
10-3	0.176641	0.005311	240	10	3
11-1	0.006178	0.027385	0	11	1
11-2	0.006178	0.027385	120	11	2
11-3	0.006178	0.027385	240	11	3
12-1	0.022035	0.02909	0	12	1
12-2	0.022035	0.02909	120	12	2
12-3	0.022035	0.02909	240	12	3
13-1	0.04007	0.023943	0	13	1
13-2	0.04007	0.023943	120	13	2
13-3	0.04007	0.023943	240	13	3
14-1	0.058137	0.025663	0	14	1



14-2	0.058137	0.025663	120	14	2
14-3	0.058137	0.025663	240	14	3
15-1	0.076539	0.022418	0	15	1
15-2	0.076539	0.022418	120	15	2
15-3	0.076539	0.022418	240	15	3
16-1	0.095081	0.024702	0	16	1
16-2	0.095081	0.024702	120	16	2
16-3	0.095081	0.024702	240	16	3
17-1	0.114104	0.021536	0	17	1
17-2	0.114104	0.021536	120	17	2
17-3	0.114104	0.021536	240	17	3
18-1	0.131795	0.02613	0	18	1
18-2	0.131795	0.02613	120	18	2
18-3	0.131795	0.02613	240	18	3
19-1	0.149159	0.029135	0	19	1
19-2	0.149159	0.029135	120	19	2
19-3	0.149159	0.029135	240	19	3
20-1	0.166827	0.026627	0	20	1
20-2	0.166827	0.026627	120	20	2
20-3	0.166827	0.026627	240	20	3
21-1	0.012606	0.043527	0	21	1
21-2	0.012606	0.043527	120	21	2
21-3	0.012606	0.043527	240	21	3
22-1	0.030296	0.040481	0	22	1
22-2	0.030296	0.040481	120	22	2
22-3	0.030296	0.040481	240	22	3
23-1	0.050217	0.042909	0	23	1
23-2	0.050217	0.042909	120	23	2
23-3	0.050217	0.042909	240	23	3
24-1	0.066298	0.042566	0	24	1
24-2	0.066298	0.042566	120	24	2
24-3	0.066298	0.042566	240	24	3
25-1	0.086263	0.045771	0	25	1
25-2	0.086263	0.045771	120	25	2
25-3	0.086263	0.045771	240	25	3
26-1	0.102679	0.036947	0	26	1
26-2	0.102679	0.036947	120	26	2
26-3	0.102679	0.036947	240	26	3
27-1	0.119911	0.045403	0	27	1
27-2	0.119911	0.045403	120	27	2
27-3	0.119911	0.045403	240	27	3
28-1	0.139429	0.0376	0	28	1
28-2	0.139429	0.0376	120	28	2
28-3	0.139429	0.0376	240	28	3
29-1	0.157428	0.045014	0	29	1

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

29-2	0.157428	0.045014	120	29	2
29-3	0.157428	0.045014	240	29	3
30-1	0.173994	0.045558	0	30	1
30-2	0.173994	0.045558	120	30	2
30-3	0.173994	0.045558	240	30	3
31-1	0.002507	0.056903	0	31	1
31-2	0.002507	0.056903	120	31	2
31-3	0.002507	0.056903	240	31	3
32-1	0.020623	0.051712	0	32	1
32-2	0.020623	0.051712	120	32	2
32-3	0.020623	0.051712	240	32	3
33-1	0.040069	0.051949	0	33	1
33-2	0.040069	0.051949	120	33	2
33-3	0.040069	0.051949	240	33	3
34-1	0.060323	0.053711	0	34	1
34-2	0.060323	0.053711	120	34	2
34-3	0.060323	0.053711	240	34	3
35-1	0.076838	0.05939	0	35	1
35-2	0.076838	0.05939	120	35	2
35-3	0.076838	0.05939	240	35	3
36-1	0.09604	0.05591	0	36	1
36-2	0.09604	0.05591	120	36	2
36-3	0.09604	0.05591	240	36	3
37-1	0.110072	0.057308	0	37	1
37-2	0.110072	0.057308	120	37	2
37-3	0.110072	0.057308	240	37	3
38-1	0.131322	0.060725	0	38	1
38-2	0.131322	0.060725	120	38	2
38-3	0.131322	0.060725	240	38	3
39-1	0.148783	0.059335	0	39	1
39-2	0.148783	0.059335	120	39	2
39-3	0.148783	0.059335	240	39	3
40-1	0.166277	0.057438	0	40	1
40-2	0.166277	0.057438	120	40	2
40-3	0.166277	0.057438	240	40	3
41-1	0.011674	0.067593	0	41	1
41-2	0.011674	0.067593	120	41	2
41-3	0.011674	0.067593	240	41	3
42-1	0.032936	0.068536	0	42	1
42-2	0.032936	0.068536	120	42	2
42-3	0.032936	0.068536	240	42	3
43-1	0.049761	0.075525	0	43	1
43-2	0.049761	0.075525	120	43	2
43-3	0.049761	0.075525	240	43	3
44-1	0.068059	0.071211	0	44	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.



44-2	0.068059	0.071211	120	44	2
44-3	0.068059	0.071211	240	44	3
45-1	0.085208	0.073529	0	45	1
45-2	0.085208	0.073529	120	45	2
45-3	0.085208	0.073529	240	45	3
46-1	0.102248	0.073618	0	46	1
46-2	0.102248	0.073618	120	46	2
46-3	0.102248	0.073618	240	46	3
47-1	0.119926	0.076194	0	47	1
47-2	0.119926	0.076194	120	47	2
47-3	0.119926	0.076194	240	47	3
48-1	0.139973	0.068803	0	48	1
48-2	0.139973	0.068803	120	48	2
48-3	0.139973	0.068803	240	48	3
49-1	0.15821	0.06943	0	49	1
49-2	0.15821	0.06943	120	49	2
49-3	0.15821	0.06943	240	49	3
50-1	0.176018	0.072578	0	50	1
50-2	0.176018	0.072578	120	50	2
50-3	0.176018	0.072578	240	50	3
51-1	0.005555	0.09079	0	51	1
51-2	0.005555	0.09079	120	51	2
51-3	0.005555	0.09079	240	51	3
52-1	0.022585	0.088533	0	52	1
52-2	0.022585	0.088533	120	52	2
52-3	0.022585	0.088533	240	52	3
53-1	0.038248	0.083021	0	53	1
53-2	0.038248	0.083021	120	53	2
53-3	0.038248	0.083021	240	53	3
54-1	0.058094	0.083804	0	54	1
54-2	0.058094	0.083804	120	54	2
54-3	0.058094	0.083804	240	54	3
55-1	0.07628	0.084497	0	55	1
55-2	0.07628	0.084497	120	55	2
55-3	0.07628	0.084497	240	55	3
56-1	0.096233	0.086157	0	56	1
56-2	0.096233	0.086157	120	56	2
56-3	0.096233	0.086157	240	56	3
57-1	0.111179	0.090941	0	57	1
57-2	0.111179	0.090941	120	57	2
57-3	0.111179	0.090941	240	57	3
58-1	0.131393	0.088602	0	58	1
58-2	0.131393	0.088602	120	58	2
58-3	0.131393	0.088602	240	58	3
59-1	0.14675	0.085583	0	59	1

- 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.

59-2	0.14675	0.085583	120	59	2
59-3	0.14675	0.085583	240	59	3
60-1	0.167248	0.084542	0	60	1
60-2	0.167248	0.084542	120	60	2
60-3	0.167248	0.084542	240	60	3





B. Script Matlab

```
% program utama
clear;
clc;

%===== INISIAL =====
M=50; % jumlah individu per generasi
N=180; % jumlah gen per individu
%bangkitkan populasi inisial generasi-1
pop_mat=GenPop(M,N);
%ukur kinerjanya
k_sel=koordbts();

for a=1:M
    individu=pop_mat(a,2:181);
    pop_mat(a,1)=fit(k_sel,individu);
end

NG=100; %jumlah generasi
p_cros=0.8; % peluang melakukan crossover
p_mut=0.03;
%-----

%===== Mulai loop generasi =====

for num_gen=1:NG
    %select parent
    par_mat=selector(size(pop_mat,1));
    %lahirkan offspring dengan crossover
    ofspr_mat=cros( p_cros,par_mat,pop_mat );
```

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

```
% lakukan mutasi pada offspring
ofspr_mat=mutan(p_mtn,ofspr_mat);
% ukur kinerja ofsringnya
for a=1:M
    individu=ofspr_mat(a,2:181);
    ofspr_mat(a,1)=fit(k_sel,individu);
end
% gabung offspring dengan parent
eva_mat(1:M,1:181)=pop_mat;
eva_mat(M+1:2*M,1:181)=ofspr_mat;
% urutkan evaluasi matrik
eva_mat=sortrows(eva_mat);
pop_mat=eva_mat(M+1:2*M,1:181);
histori(num_gen,1)=pop_mat(M,1);
end
%-----
```

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