



ANALISA PERANCANGAN PENEMPATAN *FEMTOCELL ACCESS POINT* 4G LTE MENGGUNAKAN METODE *QUANTUM-BEHAVED PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* PADA STUDI KASUS GEDUNG KULIAH

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik Elektro dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Dwi Sukma Aji

NIM 141910201031

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, atas berkat rahmat Allah Subhanahu Wa Ta'ala serta kasih sayang-Nya yang melimpah kepada seluruh alam serta kepada hamba-hamba-Nya, sehingga saya bisa menyelesaikan penelitian ini.

Akhirnya, saya persembahkan skripsi ini kepada.

1. Kedua orang tua, Alm. Ibu Suwarti dan Bapak Teguh Muhadi;
2. Kakak Yunita Fitriani dan Keluarga Besar Madreja;
3. Guru-guru dan dosen sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi;
4. Almamater tercinta, Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
5. Serta seluruh teman-teman yang penulis kenal dan teman-teman yang membaca skripsi ini.

MOTO

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.

(terjemahan Q.S. al-Mujadalah : 11)^{*)}

Saya hanya akan berkata pada Tuhan, bersuara pada yang berhak, berkata pada diri sendiri, lalu diam kepada yang lainnya, lalu biarkan seleksi Tuhan, bekerja pada hati setiap orang..

(Nazril Irham)

Kesuksesan adalah pertemuan antara kesempatan dan kesiapan.

(Dwi Sukma Aji)

^{*)} Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dwi Sukma Aji

NIM : 141910201031

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisa Perancangan Penempatan *Femtocell Access Point* 4G LTE Menggunakan Metode *Quantum-Behaved Particle Swarm Optimization* Pada Studi Kasus Gedung Kuliah” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 10 Juli 2018

Yang menyatakan

Dwi Sukma Aji
NIM 141910201031

SKRIPSI

ANALISA PERANCANGAN PENEMPATAN *FEMTOCELL ACCESS POINT* 4G LTE MENGGUNAKAN METODE *QUANTUM-BEHAVED PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* PADA STUDI KASUS GEDUNG KULIAH

Oleh

Dwi Sukma Aji
NIM 141910201031

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Dodi Setiabudi, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul ”Analisa Perancangan Penempatan *Femtocell Access Point* 4G LTE Menggunakan Metode *Quantum-Behaved Particle Swarm Optimization* Pada Studi Kasus Gedung Kuliah” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari : Jumat
Tanggal : 10 Juli 2018
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim penguji,

Ketua,

Sekretaris,

Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si.

NIP 196801191997021001

Dodi Setiabudi, S.T., M.T.

NIP 198405312008121004

Anggota I,

Anggota II,

Ike Fibriani, S.T., M.T.

NIP 198002072015042001

Andrita Ceriana Eska, S.T., M.T.

NRP 760014640

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.

NIP 196612151995032001

Analisa Perancangan Penempatan *Femtocell Access Point* 4G LTE Menggunakan Metode *Quantum-Behaved Particle Swarm Optimization* Pada Studi Kasus

Gedung Kuliah

Dwi Sukma Aji

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Perkembangan teknologi *broadband wireless access* hingga generasi keempat yang disebut 4G LTE dengan keunggulan kecepatan data tinggi, area cakupan dan kapasitas layanan yang besar membawa dampak peningkatan kebutuhan pengguna untuk melakukan komunikasi digital didalam area *indoor*. Perkembangan pembagungan gedung-gedung bertingkat akan menyebabkan pelemahan sinyal pada sisi pengguna yang didistribusikan oleh *Base Transceiver Station*. Untuk mengatasi permasalahan tersebut penerapan jaringan *femtocell* menjadi solusi efektif untuk meningkatkan kapasitas layanan pengguna di area *indoor*. *Femtocell* memiliki level daya rendah dengan konsep pemasangan *Home Base Station* menggunakan frekuensi yang sama dengan BTS *outdoor*. Penempatan posisi *Femtocell Access Point* yang tepat akan memberikan pengaruh terhadap luasnya area yang dapat dicakup. Sehingga metode *Quantum-Behaved Particle Swarm Optimization* memiliki algoritma yang sederhana dapat digunakan untuk melakukan pencarian posisi terbaik dari FAP. Penelitian ini dilakukan perencanaan dengan menghitung *link budget*, simulasi penentuan posisi FAP dan simulasi jaringan *femtocell*. Hasil dari penelitian yaitu metode QPSO dapat digunakan untuk mencari posisi terbaik FAP, data simulasi didapatkan level daya penerima tertinggi sebesar -37,99 dBm dengan presentase cakupan mencapai 84,39% dan nilai *Signal to Interference Ratio* tertinggi sebesar 33,42 dB dengan presentase SIR mencapai 52,85%.

Kata Kunci: *Femtocell, Home Base Station, QPSO, Cakupan, Signal to Interference Ratio*

Planning Analysis Of Femtocell Access Point 4G LTE Placement Using Quantum-Behaved Particle Swarm Optimization Method In Case Study Collage Building

Dwi Sukma Aji

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember

ABSTRACT

The technology development of broadband wireless access until the fourth generation which is called 4G LTE with the excellences of high data speed, coverage area and big service capacity brings an impact of user need enhancement to do a digital communication within indoor area. The development of multi-storey constructions will cause the signal attenuation on the user side distributed by Base Transceiver Station. To solve the problem, an implementation of femtocell network becomes an effective solution to increase the service capacity of user in indoor area. Femtocell has a low power level with the installation concept of Home Base Station using the same frequency by outdoor BTS. The position placement of the right Femtocell Access Point will give an effect toward the wide area which is able to be covered. Thus, the Quantum-Behaved Particle Swarm Optimization method has a simple algorithm which is able to be used to search the best location from FAP. This research is done a plan by calculating the link budget, the simulation of FAP positioning and the simulation of femtocell network. The results of the research are the QPSO method can be used to find the best position of FAP, the simulation data is obtained the best power level of receiver of -37.99 dBm with the percentage of the coverage up to 84.39% and the highest value of Signal to Interference Ratio is 33.24 dB with the percentage of SIR up to 52.58%.

Keywords: *Femtocell, Home Base Station, QPSO, Coverage, Signal to Interference Ratio*

RINGKASAN

Analisa Perancangan Penempatan *Femtocell Access Point* 4G LTE Menggunakan Metode *Quantum-Behaved Particle Swarm Optimization* Pada Studi Kasus Gedung Kuliah; Dwi Sukma Aji, 141910201031; 2018; 73 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Teknologi telekomunikasi di dunia berkembang sangat cepat, sekarang ini sudah memasuki teknologi *broadband wireless access* generasi ke empat yaitu 4G LTE (*Long Term Evolution*) dengan standar 3GPP (*Third Generation Partnership Project*). Dalam jaringan selular, sekitar 2/3 dari panggilan dan lebih dari 90% dari layanan data terjadi di area *indoor*. Untuk mengatasi kekuatan sinyal yang diterima pengguna dari eNodeB, meningkatkan cakupan area, kapasitas di dalam gedung dan kualitas sinyal yang diterima, maka diperlukan sebuah penempatan antenna pemancar yang sesuai dan perancangan jaringan *indoor building*. Penggunaan *femtocell* dapat menjadi solusi efektif untuk meningkatkan kapasitas pengguna di area *indoor*. Peneliti memilih metode *Quantum-Behaved Particle Swarm Optimization* (QPSO) yang merupakan pengembangan dari metode PSO untuk melakukan pencarian penempatan FAP pada sebuah gedung yang menjadi studi kasus. Metode QPSO dipilih karena memiliki algoritma yang cukup sederhana namun memiliki performansi yang baik.

Tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu yang pertama melakukan perhitungan *link budget* untuk mengetahui nilai *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL) antara pemancar dan penerima. Kemudian melakukan perhitungan jumlah antenna FAP yang dibutuhkan perantai menggunakan metode propagasi Cost 231 *Multi-Wall*. Yang kedua melakukan simulasi pencarian posisi terbaik FAP menggunakan metode QPSO dengan variasi data berupa jumlah partikel dan jumlah iterasi yang menghasilkan nilai *fitness*. Yang ketiga melakukan simulasi jaringan *indoor building* menggunakan sembilan skenario dengan pengambilan data berupa nilai level daya cakupan dan level data *Signal to Interferensi Ratio* (SIR).

Hasil penelitian yang dilakukan didapatkan data bahwa jumlah FAP pada masing-masing lantai sebanyak 2 buah sesuai dengan perhitungan dengan model propagasi Cost 231 *Multi-Wall* pada sisi cakupan. Metode QPSO dapat digunakan untuk mencari posisi terbaik FAP, nilai *fitness* maksimum yang diperoleh pada saat jumlah partikel 75 dan jumlah iterasi 100. Kemudian untuk data simulasi jaringan *indoor* didapatkan level daya penerima tertinggi sebesar -37,99 dBm dengan presentase cakupan mencapai 84,39% dan nilai *Signal to Interference Ratio* tertinggi sebesar 33,42 dB dengan presentase SIR mencapai 52,85%.

Kesimpulan yang dapat ditarik pada penelitian ini antara lain yaitu metode QPSO dapat digunakan sebagai pencarian posisi FAP pada sebuah gedung dengan algoritma yang sederhana. Adanya berbagai macam material penyusun gedung mengakibatkan pelemahan pada jalur antara pemancar dan penerima. Level daya sinyal yang dapat diterima pengguna dengan keadaan pemancar pada beda lantai dalam kategori baik dan cukup.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang maha kuasa atas segalanya, karena dengan ridho, hidayah dan petunjuk-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan berbagai pihak yang turut memberikan bantuan berupa motivasi, inspirasi, bimbingan, doa, fasilitas dan dukungan lainnya yang membantu memperlancar pengerjaan skripsi ini. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada.

1. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M., Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Dr. Bambang Srikaloko, S.T., M.T., Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember dan dosen pembimbing akademik yang selalu membimbing dan memberi motivasi dari awal semester;
3. Bapak Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si dan Dodi Setiabudi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing menyelesaikan tugas akhir ini;
4. Ibu Ike Fibriani, S.T., M.T. dan Bapak Andrita Ceriana Eska, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang sudah memberikan saran untuk memperbaiki tugas akhir ini;
5. Kedua Orang tua saya Alm. Ibu Suwarti dan Bapak Teguh Muhadi, yang telah membesarkan, mendidik, mendoakan tiada henti, memberi motivasi semangat, dan memberi kasih sayang yang tak pernah habis serta pengorbanannya selama hingga detik ini;
6. Mbakyu tercinta Yunita Fitriani yang selalu memberi semangat, dukungan, dan telah menjadi inspirasi dan keluarga besar Madreja yang telah menjadi membantu serta selalu memberi semangat;
7. Dwie Putri Donnaro, M. Areif Wahyudi, Hanifatus Sa'diyah, dan teman-teman konsentrasi Elektronika Telekomunikasi yang telah menemani pada akhir-akhir masa perkuliahan dan selalu memberi inspirasi, serta teman-temanku Elektro Angkatan 2014 yang telah menjadi keluarga selama menempuh kuliah di jurusan tercinta Teknik Elektro;

8. Hadid, Tjoy, Kaped, Fayer, Ujek, Adel, Nganjuk, Nuha, Irfan, dan Rosi yang telah rela untuk menjadi tempat keluh kesah baik suka maupun duka selama menjalankan kuliah semester akhir dan selama proses skripsi ini;
9. Mas Afifi, Tus, Jaki, Putra, Lutfi dan keluarga besar Laboratorium Telekomunikasi dan Terapan yang telah menemani serta memberi pengetahuan dan pengalaman baru selama menjadi asisten laboratorium;
10. Keluarga KKN DSM 05 Desa Kepanjen Gumukmas. Terimakasih atas doa dan semangat yang diberikan, semoga kita semua bisa meraih kesuksesan dan kebahagiaan di masa depan;
11. Nuharizka Intan Fauziyah sekeluarga yang sabar menemani, memotivasi dan menyumbangkan pikirannya dalam proses pengerjaan skripsi ini;
12. Keluarga besar “Titen Research Group” yang sudah menjadi wadah belajar sosial dan *engineering*. Semoga Titen namanya harum di tingkat nasional dan internasional.
13. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah mendukung dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro. Kritik dan saran yang membangun diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya;

Jember, 10 Juli 2018

Penulis

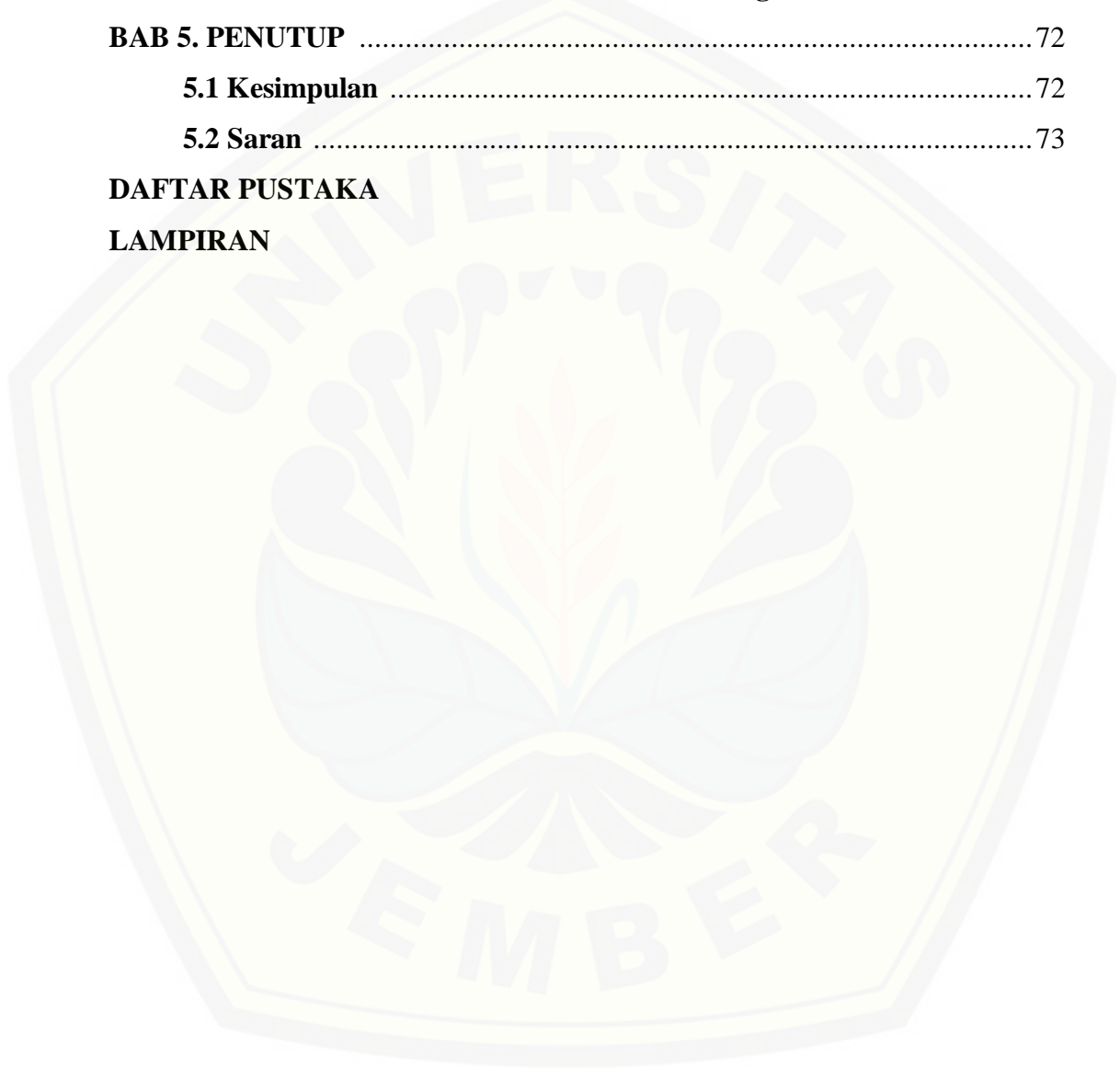
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING SKRIPSI	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
RINGKASAN	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xx
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terkait	5
2.2 <i>In Building Coverage System</i>	7
2.3 Mekanisme Propagasi Gelombang Radio	7
2.4 Model Propagasi <i>Indoor</i>	8
2.4.1 <i>One Slope Model</i>	9
2.4.2 <i>Cost 231 Multi-Wall</i>	9
2.5 Komunikasi LTE Pada <i>Femtocell Access Point (FAP)</i>	10
2.5.1 Perhitungan <i>Offered Bit Quality (OBQ)</i>	11

2.5.2 Perhitungan Luas Sel Jaringan <i>Femtocell</i>	12
2.5.3 Perhitungan Irisan Antar Sel	12
2.6 Particle Swarm Optimization (PSO)	13
2.7 Quantum-Behaved Particle Swarm Optimization (QPSO)	14
2.8 MATLAB	15
2.9 Radiowave Propagation Simulator	15
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Tahapan Penelitian	16
3.2 Diagram Alir Program	17
3.2.1 Parameter Program	18
3.2.2 Inisialisasi Partikel	18
3.2.3 Evaluasi Fungsi <i>Fitness</i>	18
3.2.4 Memperbarui Nilai Terbaik	18
3.2.5 Memperbarui Nilai Beta	19
3.3 Perancangan Sistem	19
3.4 Tahapan Perencanaan	20
3.5 Tahapan Simulasi	21
3.6 Pengumpulan Data	22
3.6.1 Data Persiapan Perencanaan	22
3.2.2 Data Hasil Perencanaan	22
3.7 Tahapan Pengambilan Data	22
3.8 Kondisi Gedung Objek Penelitian	22
3.8.1 Lantai 1	23
3.8.2 Lantai 2	23
3.8.3 Lantai 3	24
3.9 Permasalahan Jaringan Nirkabel Gedung	24
3.10 Perhitungan <i>Link Budget</i>	24
3.10.1 Perhitungan <i>Link Budget</i> 4G LTE.....	24
3.10.2 Redaman Material	26
3.11 Skenario Pengambilan Data	27
3.11.1 Skenario Pengambilan Data Simulasi QPSO	27

3.11.2 Skenario Pengambilan Data Simulasi Jaringan <i>Femtocell</i>	27
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Hasil Perhitungan Nilai Redaman <i>Indoor</i>	28
4.1.1 Redaman <i>Indoor</i> Lantai 1	28
4.1.2 Redaman <i>Indoor</i> Lantai 2	29
4.1.3 Redaman <i>Indoor</i> Lantai 3	30
4.2 Hasil Perhitungan <i>Link Budget</i> Jaringan <i>Femtocell</i> 4G LTE	30
4.2.1 <i>Link Budget</i> Lantai 1	31
4.2.2 <i>Link Budget</i> Lantai 2	32
4.2.3 <i>Link Budget</i> Lantai 3	33
4.3 Hasil Nilai MAPL	34
4.3.1 Nilai MAPL Lantai 1	35
4.3.2 Nilai MAPL Lantai 2	35
4.3.2 Nilai MAPL Lantai 3	35
4.4 Hasil Perhitungan Jumlah FAP	36
4.4.1 Perhitungan Jumlah FAP Lantai 1	36
4.4.2 Perhitungan Jumlah FAP Lantai 2	36
4.4.3 Perhitungan Jumlah FAP Lantai 3	36
4.5 Hasil Perhitungan OBQ	37
4.6 Hasil Perhitungan Nilai Beta	37
4.7 Hasil Simulasi Penentuan Posisi FAP Metode QPSO	37
4.7.1 Hasil Posisi FAP Lantai 1	38
4.7.2 Hasil Posisi FAP Lantai 2	39
4.7.3 Hasil Posisi FAP Lantai 3	40
4.7.4 Hasil Nilai <i>Fitness</i> Seluruh Lantai	41
4.8 Hasil Simulasi Perencanaan Jaringan <i>Femtocell</i> 4G LTE	41
4.8.1 Hasil Simulasi Skenario Ke-1	42
4.8.2 Hasil Simulasi Skenario Ke-2	45
4.8.3 Hasil Simulasi Skenario Ke-3	48
4.8.4 Hasil Simulasi Skenario Ke-4	52
4.8.5 Hasil Simulasi Skenario Ke-5	54

4.8.6 Hasil Simulasi Skenario Ke-6	58
4.8.7 Hasil Simulasi Skenario Ke-7	60
4.8.8 Hasil Simulasi Skenario Ke-8	63
4.8.9 Hasil Simulasi Skenario Ke-9	67
4.9 Analisa Hasil Simulasi Perencanaan Jaringan Femtocell 4G	70
BAB 5. PENUTUP	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Refleksi dan Refraksi.....	8
Gambar 2.2 Arsitektur Dasar <i>Femtocell</i>	11
Gambar 2.3 Dua Partikel Mencari Solusi	13
Gambar 2.4 Logo MATLAB.....	15
Gambar 2.5 Tampilan <i>Software RPS</i>	15
Gambar 3.1 Tahapan Tahapan Penelitian	16
Gambar 3.2 <i>Flowchat</i> Program Penentuan Posisi FAP	17
Gambar 3.3 Perancangan Sistem.....	19
Gambar 3.4 Tahapan Perencanaan	20
Gambar 3.5 Tahapan Simulasi	21
Gambar 3.6 Denah Lantai 1	23
Gambar 3.7 Denah Lantai 2	23
Gambar 3.8 Denah Lantai 3	24
Gambar 4.1 Desain 3D Lantai 1	28
Gambar 4.2 Desain 3D Lantai 2	29
Gambar 4.3 Desain 3D Lantai 3	30
Gambar 4.4 Hasil Posisi FAP Lantai 1	38
Gambar 4.5 Hasil Posisi FAP Lantai 2	39
Gambar 4.6 Hasil Posisi FAP Lantai 3	41
Gambar 4.7 Grafik Nilai <i>Fitness</i>	41
Gambar 4.8 Plot 2D <i>Coverage</i> Skenario Ke-1	43
Gambar 4.9 Plot 3D <i>Coverage</i> Skenario Ke-1	43
Gambar 4.10 Plot 3D <i>Coverage</i> Skenario Ke- 1	43
Gambar 4.11 Plot 3D SIR Skenario Ke-1	44
Gambar 4.12 Grafik <i>Coverage</i> Skenario Ke-1	44
Gambar 4.13 Grafik SIR Skenario Ke-1	44
Gambar 4.14 Plot 2D <i>Coverage</i> Skenario Ke-2	46
Gambar 4.15 Plot 3D <i>Coverage</i> Skenario Ke-2	46

Gambar 4.16 Plot 2D SIR Skenario Ke-2	46
Gambar 4.17 Plot 3D SIR Skenario Ke-2	46
Gambar 4.18 Grafik <i>Coverage</i> Skenario Ke-2	47
Gambar 4.19 Grafik SIR Skenario Ke-2	47
Gambar 4.20 Plot 2D <i>Coverage</i> Skenario Ke-3	49
Gambar 4.21 Plot 3D <i>Coverage</i> Skenario Ke-3	49
Gambar 4.22 Plot 2D SIR Skenario Ke-3	49
Gambar 4.23 Plot 3D SIR Skenario Ke-3	49
Gambar 4.24 Grafik <i>Coverage</i> Skenario Ke-3	50
Gambar 4.25 Grafik SIR Skenario Ke-3	50
Gambar 4.26 Plot 2D <i>Coverage</i> Skenario Ke-4	52
Gambar 4.27 Plot 3D <i>Coverage</i> Skenario Ke-4	52
Gambar 4.28 Plot 2D SIR Skenario Ke-4	52
Gambar 4.29 Plot 3D SIR Skenario Ke-4	52
Gambar 4.30 Grafik <i>Coverage</i> Skenario Ke-4	53
Gambar 4.31 Grafik SIR Skenario Ke-4	53
Gambar 4.32 Plot 2D <i>Coverage</i> Skenario Ke-5	55
Gambar 4.33 Plot 3D <i>Coverage</i> Skenario Ke-5	55
Gambar 4.34 Plot 2D SIR Skenario Ke-5	55
Gambar 4.35 Plot 3D SIR Skenario Ke-5	55
Gambar 4.36 Grafik <i>Coverage</i> Skenario Ke-5	56
Gambar 4.37 Grafik SIR Skenario Ke-5	56
Gambar 4.38 Plot 2D <i>Coverage</i> Skenario Ke-6	58
Gambar 4.39 Plot 3D <i>Coverage</i> Skenario Ke-6	58
Gambar 4.40 Plot 2D SIR Skenario Ke-6	58
Gambar 4.41 Plot 3D SIR Skenario Ke-6	58
Gambar 4.42 Grafik <i>Coverage</i> Skenario Ke-6	59
Gambar 4.43 Grafik SIR Skenario Ke-6	59
Gambar 4.44 Plot 2D <i>Coverage</i> Skenario Ke-7	61
Gambar 4.45 Plot 3D <i>Coverage</i> Skenario Ke-7	61
Gambar 4.46 Plot 2D SIR Skenario Ke-7	61

Gambar 4.47 Plot 3D SIR Skenario Ke-7	61
Gambar 4.48 Grafik <i>Coverage</i> Skenario Ke-7	62
Gambar 4.49 Grafik SIR Skenario Ke-7	62
Gambar 4.50 Plot 2D <i>Coverage</i> Skenario Ke-8	64
Gambar 4.51 Plot 3D <i>Coverage</i> Skenario Ke-8	64
Gambar 4.52 Plot 2D SIR Skenario Ke-8	64
Gambar 4.53 Plot 3D SIR Skenario Ke-8	64
Gambar 4.54 Grafik <i>Coverage</i> Skenario Ke-8	65
Gambar 4.55 Grafik SIR Skenario Ke-8	65
Gambar 4.56 Plot 2D <i>Coverage</i> Skenario Ke-9	67
Gambar 4.57 Plot 3D <i>Coverage</i> Skenario Ke-9	67
Gambar 4.58 Plot 2D SIR Skenario Ke-9	67
Gambar 4.59 Plot 3D SIR Skenario Ke-9	67
Gambar 4.60 Grafik <i>Coverage</i> Skenario Ke-9	68
Gambar 4.61 Grafik SIR Skenario Ke-9	68
Gambar 4.62 Grafik Hasil Rata-Rata Nilai Daya <i>Coverage</i>	70
Gambar 4.63 Grafik Hasil Nilai Presentase <i>Coverage</i>	70
Gambar 4.64 Grafik Hasil Rata-Rata Nilai Daya SIR	53
Gambar 4.65 Grafik Hasil Nilai Presentase SIR	53

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kategori Level Daya Sinyal <i>Coverage</i>	11
Tabel 2.2 Kategori Level Daya <i>Signal to Interference Ratio</i>	11
Tabel 3.1 Parameter <i>Link Budget</i> Dari Arah <i>Uplink</i>	25
Tabel 3.2 Parameter <i>Link Budget</i> Dari Arah <i>Downlink</i>	26
Tabel 3.3 Parameter-Parameter Umum 3GPP Release 9	26
Tabel 3.4 Redaman Material	27
Tabel 4.1 <i>Link Budget</i> Perencanaan Pada Lantai 1 Arah <i>Uplink</i>	31
Tabel 4.2 <i>Link Budget</i> Perencanaan Pada Lantai 1 Arah <i>Downlink</i>	31
Tabel 4.3 <i>Link Budget</i> Perencanaan Pada Lantai 2 Arah <i>Uplink</i>	32
Tabel 4.4 <i>Link Budget</i> Perencanaan Pada Lantai 2 Arah <i>Downlink</i>	33
Tabel 4.5 <i>Link Budget</i> Perencanaan Pada Lantai 3 Arah <i>Uplink</i>	33
Tabel 4.6 <i>Link Budget</i> Perencanaan Pada Lantai 3 Arah <i>Downlink</i>	32
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Pelemahan Material Lantai 1	29
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Pelemahan Material Lantai 2.....	29
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Pelemahan Material Lantai 3.....	36
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Nilai Beta.....	29
Tabel 4.11 Hasil Posisi FAP Lantai 1	38
Tabel 4.12 Hasil Posisi FAP Lantai 2	39
Tabel 4.13 Hasil Posisi FAP Lantai 3	40
Tabel 4.14 Skenario Pengambilan Data Simulasi RPS.....	42
Tabel 4.15 Parameter Simulasi RPS 5.4	42
Tabel 4.16 Hasil Simulasi Skenario Ke-1	43
Tabel 4.17 Presentase <i>Coverage</i> Skenario Ke-1	44
Tabel 4.18 Presentase SIR Skenario Ke-1	44
Tabel 4.19 Hasil Simulasi Skenario Ke-2	46
Tabel 4.20 Presentase <i>Coverage</i> Skenario Ke-2	47
Tabel 4.21 Presentase SIR Skenario Ke-2	47
Tabel 4.22 Hasil Simulasi Skenario Ke-3	49

Tabel 4.23 Presentase <i>Coverage</i> Skenario Ke-3	50
Tabel 4.24 Presentase SIR Skenario Ke-3	50
Tabel 4.25 Hasil Simulasi Skenario Ke-4	52
Tabel 4.26 Presentase <i>Coverage</i> Skenario Ke-4	53
Tabel 4.27 Presentase SIR Skenario Ke-4	53
Tabel 4.28 Hasil Simulasi Skenario Ke-5	55
Tabel 4.29 Presentase <i>Coverage</i> Skenario Ke-5	56
Tabel 4.30 Presentase SIR Skenario Ke-5	56
Tabel 4.31 Hasil Simulasi Skenario Ke-6	58
Tabel 4.32 Presentase <i>Coverage</i> Skenario Ke-6	59
Tabel 4.33 Presentase SIR Skenario Ke-6	59
Tabel 4.34 Hasil Simulasi Skenario Ke-7	61
Tabel 4.35 Presentase <i>Coverage</i> Skenario Ke-7	62
Tabel 4.36 Presentase SIR Skenario Ke-7	62
Tabel 4.37 Hasil Simulasi Skenario Ke-8	64
Tabel 4.38 Presentase <i>Coverage</i> Skenario Ke-8	65
Tabel 4.39 Presentase SIR Skenario Ke-8	66
Tabel 4.40 Hasil Simulasi Skenario Ke-9	67
Tabel 4.41 Presentase <i>Coverage</i> Skenario Ke-9	68
Tabel 4.42 Presentase SIR Skenario Ke-9	68

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi telekomunikasi di dunia berkembang sangat cepat, sekarang ini sudah memasuki teknologi *broadband wireless access* generasi ke empat yaitu 4G LTE (*Long Term Evolution*) dengan standar 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) yang memiliki keunggulan kecepatan data tinggi, area cakupan dan kapasitas layanan yang besar. Adanya teknologi tersebut kebutuhan pengguna untuk dapat melakukan komunikasi terus meningkat. Dalam jaringan selular, sekitar 2/3 dari panggilan dan lebih dari 90% dari layanan data terjadi di area *indoor*. Aktifitas pengguna dalam melakukan komunikasi *mobile* data yang berada di rumah sebesar 45% dan di lingkungan kerja sebesar 30% (Zhang, 2010). Pada saat pengguna melakukan komunikasi data di area *indoor* akan mengakibatkan adanya pelemahan sinyal yang dikarenakan oleh jumlah dinding, jumlah lantai dan struktur penyusun bangunan serta faktor cakupan dari BTS yang berada pada area *outdoor* tidak mampu mencakup hingga area *indoor*.

Untuk mengatasi kekuatan sinyal yang diterima pengguna dari eNodeB, meningkatkan cakupan area, kapasitas di dalam gedung dan kualitas sinyal yang diterima, maka diperlukan sebuah penempatan antena pemancar yang sesuai dan perancangan jaringan *indoor building*. Penggunaan *femtocell* dapat menjadi solusi efektif untuk meningkatkan kapasitas pengguna di area *indoor*, *femtocell* juga disebut sebagai *home base station* yaitu jalur akses jaringan seluler yang menghubungkan perangkat seluler standar ke jaringan operator seluler menggunakan DSL (*Digital Subscriber Line*) perumahan, koneksi *broadband* kabel dan serat optik (Zhang, 2010). *Femtocell* mempunyai tingkat daya yang rendah dan menggunakan frekuensi seperti yang digunakan pada jaringan seluler. Dalam melakukan perancangan jaringan perlu dilakukan perhitungan *link budget* untuk mengetahui perkiraan nilai maksimum pelemahan sinyal antara pengguna dengan pemancar yang biasa disebut dengan *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL) (Isnawati, 2012).

Penempatan antenna pemancar sangat berpengaruh terhadap kualitas sinyal yang diterima oleh pengguna dan luas area yang dapat dicakup oleh sebuah pemancar. Antena pemancar pada jaringan *femtocell* yang disebut dengan *Femtocell Access Point* (FAP) yang memiliki pola radiasi *omnidirectional*. Salah satu cara yang efektif untuk mencari posisi antenna pemancar adalah menggunakan sebuah metode dengan cara memasukkan parameter-parameter yang dibutuhkan pada penelitian sehingga didapatkan hasil yang sesuai. Ada banyak metode optimasi seperti *Genetic Algorithm*, *Ant Colony Algorithm*, *Neural Network*, *Particle Swarm Optimization* dan lainnya. Peneliti memilih metode *Quantum-Behaved Particle Swarm Optimization* (QPSO) yang merupakan pengembangan dari metode PSO untuk melakukan pencarian penempatan FAP pada sebuah gedung yang menjadi studi kasus. Metode QPSO dipilih karena memiliki algoritma yang cukup sederhana namun memiliki performansi yang baik jika dibandingkan dengan metode yang lain (Bhuwania, 2016).

Pada penelitian-penelitian sebelumnya telah dilakukan perancangan jaringan *femtocell* dengan membahas cakupan area, tinggi antenna FAP dan jenis antenna FAP yang digunakan namun tidak membahas tentang interferensi antar pemancar dan metode penempatan antenna FAP pada sebuah gedung. Oleh karena itu, penelitian ini melakukan pencarian posisi FAP pada perancangan jaringan *indoor building* 4G LTE dengan frekuensi 1800 MHz menggunakan metode *Quantum-Behaved Particle Swarm Optimization* (QPSO) dengan *software* Matlab 2013a yang memiliki hasil berupa koordinat posisi FAP pada area yang menjadi studi kasus. Kemudian hasil dari posisi FAP tersebut diterapkan pada perancangan jaringan *indoor building* yang dilakukan menggunakan *software* Radiowave Propagation Simulator (RPS) 5.4 yang disimulasikan untuk mengetahui nilai cakupan sinyal dan SIR (*Signal to Interference Ratio*).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas penulis dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara untuk mencari posisi terbaik antena FAP menggunakan metode *Quantum-Behaved Particle Swarm Optimization (QPSO)*?
2. Bagaimana menganalisa cakupan sinyal dari posisi antena FAP dengan model propagasi Cost 231 *Multi-Wall*?
3. Bagaimana menganalisa SIR (*Signal to Interference Ratio*) dengan model propagasi Cost 231 *Multi-Wall*?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan pemmasalahan dari penulis dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Simulasi penentuan posisi antena FAP menggunakan *software* Matlab 2013a.
2. Simulasi perancangan jaringan *indoor building* menggunakan *software* Radiowave Propagation Simulator versi 5.4 *for student* dengan maksimum poligon sebanyak 750.
3. Model propagasi yang digunakan COST 231 *Multi-Wall*.
4. Parameter pengujian pencarian posisi FAP menggunakan metode QPSO divariasikan berdasarkan jumlah partikel dan iterasi.
5. Pemodelan gedung yang menjadi studi kasus berupa gambar tiga dimensi dengan file berformat DWG.
6. Data yang diambil pada pencarian posisi FAP metode QPSO berupa posisi dan nilai *fitness*.
7. Data yang diambil pada simulasi menggunakan RPS 5.4 berupa *coverage* dan SIR (*Signal to Interference Ratio*).

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulis untuk melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mencari posisi terbaik antenna FAP menggunakan metode *Quantum-Behaved Particle Swarm Optimization* (QPSO).
2. Mengetahui prediksi cakupan sinyal FAP dengan model propagasi Cost 231 *Multi-Wall*.
3. Mengetahui nilai SIR (*Signal to Interference Ratio*) dengan model propagasi Cost 231 *Multi-Wall*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diberikan oleh penulis dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan posisi terbaik antenna FAP menggunakan metode *Quantum-Behaved Particle Swarm Optimization* (QPSO).
2. Mengetahui cakupan sinyal dan level daya interferensi sinyal dari antenna pemancar FAP berdasarkan hasil simulasi.
3. Menjadikan rekomendasi dalam penempatan antenna FAP pada jaringan *femtocell* 4G LTE.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan mengenai teori yang ada dan hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan masalah yang dibahas. Membandingkan dan memilih teori yang paling relevan untuk memecahkan masalah, menilai keunggulan dari hasil penelitian dan teori yang ada serta menentukan teori tersebut sebagai dasar analisis selanjutnya.

2.1 Penelitian Terkait

1. *Particle Swarm Optimization For Base Station Placement* oleh Marciel Barros Pereira tahun 2014.

Pada penelitian ini penulis melakukan penelitian dengan latar belakang banyaknya masalah pada penempatan posisi BTS sebuah operator seluler. Peneliti melakukan sebuah optimasi untuk mengoptimalkan penempatan BTS dengan berbagai variabel yang diperhitungkan. Metode PSO merupakan metode optimasi fungsi nonlinier yang cocok untuk menyelesaikan masalah yang ada. Parameter optimasi yang dimasukan cukup banyak seperti daya pengirim, frekuensi, *bandwidth* dan derau. Variasi data yang dilakukan yaitu pada jumlah partikel yang digunakan. Hasil akhirnya yaitu metode PSO berhasil memecahkan masalah menempatkan BTS pada daerah metropolitan dengan parameter yang digunakan.

2. *Analisa Model Propagasi Cost 231 Multi Wall Pada Perancangan Jaringan Indoor Femtocell HSDPA Menggunakan Radiowave Propagation Simulator* oleh Alfin Hikmaturokhman.

Pada penelitian ini penulis melakukan penelitian dengan latar belakang adanya redaman sinyal pada sisi pengguna di area *indoor* seperti gedung. Penulis melakukan perancangan jaringan HSDPA dengan sistem cakupan area pada sebuah bangunan (*In Building Coverage System*) menggunakan *software* Radiowave Propagation Simulator (RPS). Hasil analisa dari penelitian ini yaitu jumlah FAP yang dibutuhkan dari perhitungan berdasarkan jumlah kapasitas dan model propagasi COST 231 *Multi-Wall* sebanyak 2 buah. Namun penulis lebih memilih

berdasarkan kapasitas dikarenakan ada ruang kelas yang jumlah penggunaannya lebih padat. Jenis FAP yang digunakan yaitu USC 513 dengan daya pancar 20 dBm. Ada 3 skenario yang digunakan untuk penempatan FAP, ketiga penempatan FAP sudah dapat menjangkau seluruh ruangan pada lantai 1. Nilai MAPL yang didapatkan untuk arah *uplink* sebesar 248,12 dB dan arah *downlink* sebesar 244,12 dB.

3. *Positioning WiFi Access Points Using Particle Swarm Optimization* oleh Anshu Bhuwania tahun 2016.

Pada penelitian ini penulis melakukan penelitian dengan latar belakang pentingnya optimasi penempatan WAP dilakukan untuk meminimalkan biaya yang dikeluarkan, semakin banyak jumlah WAP maka biaya yang dikeluarkan juga semakin besar. Peneliti memilih metode PSO karena perhitungan per iterasi cukup sedikit apabila dibandingkan dengan metode lain seperti algoritma genetika, algoritma koloni semut dan jaringan saraf tiruan. Parameter yang digunakan yaitu luas cakupan WAP dan perhitungan *path loss*. Untuk algoritma yang digunakan seperti pada umumnya yaitu membuat posisi acak partikel lalu menghitung nilai *fitness* dari setiap solusi, memperbarui posisi partikel hingga mendapatkan posisi terbaik dari partikel yang diinginkan. Variasi data dilakukan pada jumlah WAP yang dibandingkan dengan luas cakupan sinyal yang didapatkan. Hasil akhir yang didapatkan yaitu jumlah WAP berbanding lurus dengan luas cakupan sinyal.

4. *Analisa Perencanaan Jaringan 4G LTE Pada Gedung A Fakultas Teknik Universitas Jember Menggunakan Radiowave Propagation Simulator 5.4* oleh Farah Oktauliah pada tahun 2017.

Pada penelitian ini penulis melakukan penelitian dengan latar belakang kondisi gedung yang memiliki banyak ruangan juga terdapat banyak redaman yang mengakibatkan pelemahan sinyal. Penulis melakukan perencanaan jaringan nirkabel di area *indoor* menggunakan *software* Radiowave Propagation Simulator (RPS) 5.4 dengan variasi pengambilan data berupa jenis antena dan letak ketinggian *Femtocell Access Point* (FAP). Perencanaan jaringan 4G LTE menggunakan

metode propagasi *indoor* Cost 231 *Multi-Wall* diperoleh jumlah FAP yang dibutuhkan pada lantai 1 sebesar 2 FAP, lantai 2 sebesar 4 FAP, dan lantai 3 sebesar 4 FAP. Analisa cakupan yang efektif pada perencanaan jaringan 4G LTE *indoor* diperoleh saat FAP menggunakan jenis *isotropic antenna* dan letak ketinggian FAP 2 meter dari permukaan lantai seperti pada lantai 1 saat ketinggian FAP 2 meter dan menggunakan *dipole antenna* diperoleh *mean level* daya sebesar -88,04 dBm dan *isotropic antenna* diperoleh *mean level* daya sebesar -87,89 dBm, sedangkan saat FAP 3,5 meter menggunakan *dipole antenna* diperoleh nilai *mean level* daya sebesar -88,89 dBm dan *isotropic antenna* diperoleh *mean level* daya sebesar -88,33 dBm.

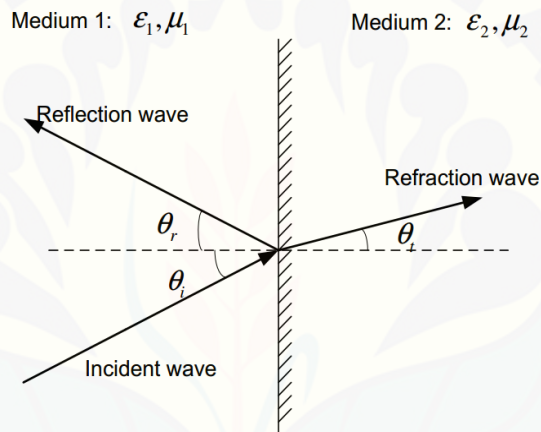
2.2 In Building Coverage System

In Building Coverage System yaitu suatu sistem dengan perangkat pemancar dan penerima yang di tempatkan didalam gedung. Tujuan dari penempatan ialah untuk melayani kebutuhan telekomunikasi dalam gedung, kualitas sinyal, cakupan area dan meningkatkan kapasitas trafik. Penerapan sistem ini sangat populer dikota megapolitan dimana banyak bangunan *superblock* yang terintegrasi, gedung tinggi, *tunnel* dimana kondisi didalam gedung tersebut sangat sulit menerima sinyal dari tower telekomunikasi bahkan tidak dapat menerima sinyal sama sekali (Rachmawan, 2007). Prinsip kerja sistem adalah memanfaatkan sistem distribusi antena *indoor* untuk mendistribusikan sinyal dari BTS, sehingga semua sisi bangunan dapat terjangkau sinyal dengan baik. Secara sederhana, sebuah sistem *indoor coverage* terdiri atas dua bagian yaitu yang pertama adalah sumber sinyal: *macrocell BTS*, *picocell BTS* dan *repeater*. Untuk yang kedua adalah *distributed antenna system*: *passive distribution mode*, *active distribution mode*, *optical fiber distribution mode*, *leaky cable distribution mode*.

2.3 Mekanisme Propagasi Gelombang Radio

Propagasi gelombang radio adalah perambatan gelombang radio dari pemancar ke penerima. Transmisi sinyal dengan media tanpa kawat memerlukan antena untuk meradiasikan sinyal radio ke udara bebas dalam bentuk gelombang

elektromagnetik. Gelombang ini akan merambat melalui udara bebas menuju antenna penerima dengan mengalami peredaman sepanjang lintasannya. Mekanisme propagasi radio dasar meliputi refleksi, refraksi dan difraksi. Dari perspektif propagasi radio, efek suatu media dapat ditentukan dengan tiga parameter: *conductivity* (σ), *permittivity* (ϵ), dan *permeability* (μ). Pada sebuah media *in losses* ketika *plain wave* menyebar dari media dengan *permittivity* (ϵ_1), dan *permeability* (μ_1) ke media lain dengan *permittivity* (ϵ_2), dan *permeability* (μ_2) yang berbeda, refleksi dan pembiasan akan terjadi pada batas kedua media tersebut. Dua gelombang refleksi dan refraksi yang dihasilkan memiliki frekuensi yang sama persis dengan gelombang kejadian.



Gambar 2.1 Refleksi dan Refraksi (Luo, 2013)

2.4 Model Propagasi Indoor

Pada konsep komunikasi dengan gelombang radio ini dikenal suatu model propagasi. Model propagasi adalah suatu cara untuk memprediksi daya sinyal rata-rata. Model propagasi pada sistem transmisi radio komunikasi bergerak atau sistem komunikasi selular ini diperlukan karena karakteristik propagasi pada jaringan bergerak berbeda jika dibandingkan dengan karakteristik propagasi pada jaringan tetap. Pada jaringan bergerak, *fading* yang terjadi lebih hebat dan fluktuatif jika dibandingkan dengan jaringan tetap.

Selama perambatan sinyal antara pemancar dan penerima, kekuatan sinyal terdegradasi karena interaksi dengan lingkungan sekitar. Berbagai jenis model propagasi diteliti. Sebagian besar model yang diusulkan adalah untuk lingkungan

luar ruangan dan untuk jaringan *long-range* seperti jaringan makro dan mikroselular. Tapi model ini tidak cukup akurat untuk diterapkan pada *femtocell*. Dalam jaringan jarak pendek, lebih tepat untuk mempertimbangkan rincian yang lebih spesifik selain jalur langsung antara pemancar dan penerima. Dalam hal ini jumlah lantai, dinding, material penyusun gedung lainnya menahan kekuatan sinyal yang ada. Pemilihan model propagasi juga menjadi pertimbangan yang sangat penting dalam melakukan perencanaan sebuah jaringan.

2.4.1 *One Slope Model*

Model propagasi jenis ini memperhitungkan parameter-parameter yang mempengaruhi *path loss* eksponen. *One slope model* mengasumsikan bahwa *path loss* pada dB bergantung secara linear pada jarak pemancar dan penerima logaritmik.

$$PL(d) = L_0 + 10 \cdot n \cdot \log(d) \quad (2.1)$$

Dimana L_0 adalah *path loss* Tx-Rx dengan jarak 1 meter dan n adalah *path loss* eksponen. Model ini didasarkan pada bentuk model ruang bebas dan bertujuan untuk memasukkan semua kerugian karena berbagai mekanisme perambatan oleh *path loss* eksponen. Model ini sangat mudah diterapkan, namun terkadang bisa menimbulkan kesalahan besar karena di lingkungan dalam ruangan, variabilitas besar dalam mekanisme propagasi dimungkinkan di antara bangunan dan bangunan yang berbeda.

2.4.2 *Cost 231 Multi-Wall*

Tahun 1999, model Cost 231 mulai diperkenalkan oleh European Co-operative for Scientific and Technical research (EURO COST). Pada awal percobaan model ini digunakan untuk frekuensi 900 dan 1800 MHz. Seiring berjalannya waktu model ini telah diskalakan ke frekuensi lain. Model propagasi Cost 231 *Multi-Wall* mempertimbangkan *free space loss*, redaman akibat dinding dan lantai diperhitungkan. Rumus dari *path loss* disajikan sebagai berikut (Zyoud, 2013):

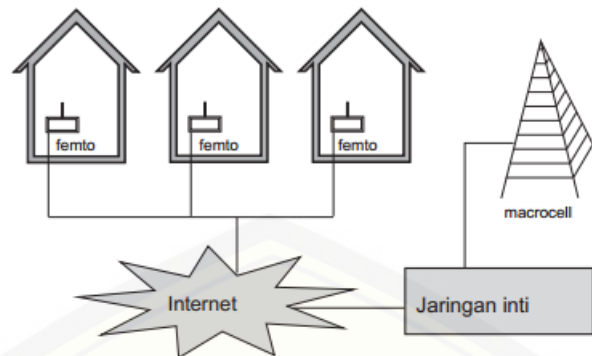
$$PL_{mw} = L_{fsl} + L_c + \sum_{i=1}^w L_{wi} n_{wi} + L_f n_f \frac{n_f+2}{n_f+1} b \quad (2.2)$$

Dimana L_{FS} adalah *path loss* ruang bebas untuk *line of sight path* antara pemancar dan penerima, L_{wi} adalah *penetration loss* untuk dinding dengan tipe i , n_{wi} adalah jumlah jenis dinding i , w adalah jumlah jenis dinding, n_f adalah jumlah lantai, L_{FS} *penetration loss* untuk tiap lantai, untuk b dan L_c adalah konstanta yang ditentukan secara empiris namun pada penelitian ini tidak digunakan atau bernilai nol.

2.5 Komunikasi LTE Pada *Femtocell Access Point* (FAP)

LTE adalah sebuah nama baru dari layanan telekomunikasi yang mempunyai kemampuan tinggi dalam sistem komunikasi bergerak. LTE sendiri merupakan standar komunikasi nirkabel tingkat tinggi yang didasarkan pada jaringan GSM/EDGE dan UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*)/HSDPA yang diperkenalkan pada *Third Generation Partnership Project* (3GPP) Release 8. 3GPP memperkenalkan stasiun berbasis radio *low-power* dan *small-range* yang baru adalah HeNB untuk menyediakan layanan *broadband* di lingkungan zona mati *indoor* dan *outdoor*. *Femtocell* LTE adalah titik akses nirkabel yang beroperasi dalam spektrum berlisensi untuk menghubungkan perangkat seluler standar ke jaringan operator seluler menggunakan sambungan pelanggan digital atau koneksi *broadband* kabel yang tersedia di rumah pelanggan atau kantor.

Dalam transmisi data dimana kekuatan sinyal kuat dibutuhkan di dalam bangunan. Dengan menggunakan *femtocell*, kinerja seluler dapat ditingkatkan seiring dengan kemungkinan penyediaan layanan tambahan. Unit *femtocell* menghasilkan sinyal telepon genggam pribadi dan biasanya mendukung sejumlah telepon genggam di rumah pengguna tergantung pada jenisnya.. Spektrum radio yang dimiliki terbatas, oleh karena itu para pengembang menghasilkan jaringan *femtocell* dengan efisiensi penggunaan spektrum. Gambar 2.2 menunjukkan hubungan *femtocell* dengan sel makro.

Gambar 2.2 Arsitektur Dasar *Femtocell* (Zhang, 2010)

Kemudian pada sebuah jaringan ada penggolongan tersendiri dalam penerimaan sinyal pada sisi penerima. Berikut adalah tabel penerimaan sinyal dan tabel kategori nilai interferensi antar sel (Tarigan, 2016):

Tabel 2.1 Kategori Level Daya Sinyal *Coverage*

Warna	Nilai (dBm)	Keterangan
Biru	$0 < x < -19$	Sangat Baik
Hijau	$-19 \leq x < -49$	Baik
Kuning	$-49 \leq x < -69$	Cukup
Merah	$-69 \leq x < -100$	Buruk

Tabel 2.2 Kategori Level Daya *Signal to Interference Ratio*

Warna	Nilai (dB)	Keterangan
Merah	$0 < x < 7$	Buruk
Kuning	$7 \leq x < 15$	Cukup
Hijau	$15 \leq x < 29$	Baik
Biru	$29 \leq x < 40$	Sangat Baik

2.5.1 Perhitungan *Offered Bit Quantity* (OBQ)

Offered Bit Quantity adalah estimasi kepadatan trafik total perkilometer persegi (km^2) pada jam sibuk. Nilai OBQ selama jam sibuk pada suatu area tertentu dihitung berdasarkan beberapa faktor seperti penetrasi pengguna, durasi panggilan efektif, *Busy Hour Call Attempt* (BHCA) dan *bandwidth* layanan. Besarnya nilai OBQ dapat dihitung dengan persamaan berikut (Rohman, 2016):

$$\Sigma \text{OBQ} = \frac{\sigma * \rho * d * \text{BHCA} * \text{BW}}{3600} \quad (2.3)$$

Dengan σ adalah kepadatan pengguna per meter persegi sebesar 1, ρ sebagai penetrasi pengguna tiap layanan sebesar 100%, d sebagai durasi panggilan efektif sebesar 30 detik, BHCA (*Busy Hour Call Attempt*) sebesar 65 panggilan/detik dan BW sebagai *bandwidth* sebesar 5120 Kbps/m².

2.5.2 Perhitungan Luas Sel Jaringan Femtocell

Penelitian ini menggunakan model propagasi Cost 231 *Multi Wall*. Untuk jumlah FAP di tentukan berdasarkan *coverage* terlebih dahulu kemudian radius selnya menggunakan persamaan model propagasi yang dipilih (Alfin, 2012).

$$L_{fsl} = 20 \log f(\text{MHz}) + 20 \log d(\text{km}) + 32,5 \quad (2.4)$$

L_{FSL} (*loss free space*), f merupakan frekuensi operasi 4G LTE 1800 MHz, d merupakan jarak antara pengirim dan penerima. Dengan *indoor loss* pada persamaan 2.2, maka rumus luas area selnya dalam meter persegi sebagai berikut:

$$L = 2,6 \times d^2 \quad (2.5)$$

Sehingga didapatkan jumlah *Femtocell Access Point* (FAP) yang dibutuhkan dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Jumlah FAP} = \frac{\text{Luas Area Yang Direncanakan}}{\text{Luas Cakupan Sel}} \quad (2.6)$$

2.5.3 Perhitungan Irisan Antar Sel

Luas cakupan sel merupakan total dari sekumpulan sel yang terbentuk dari masing-masing FAP. Nilai cakupan total didapatkan dari rumus berikut (Fachrie, 2012):

$$\text{Cakupan FAP} = \text{Total Luas Cakupan} - \text{Total Luas Irisan} \quad (2.7)$$

Dimana total luas cakupan dalam meter persegi dihitung dari persamaan berikut:

$$\sum L = \pi(r_1^2 + r_2^2 \dots + r_n^2) \quad (2.8)$$

Toal luas irisan sel ($L \cap$) dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

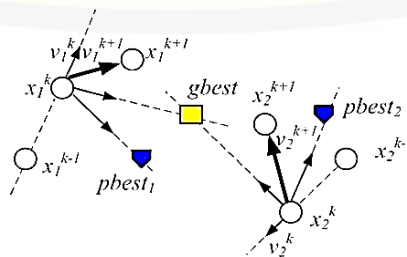
$$L \cap = 2 r_1^2 r_2^2 \cos - 1 \left(\frac{d}{2r} \right) - d \left(r_1 + r_2 - \left(\frac{d^2}{4} \right) \right) \quad (2.9)$$

2.6 Particle Swarm Optimization (PSO)

PSO (*Particle Swarm Optimization*) diperkenalkan oleh Russel Eberhart dan James Kennedy pada tahun 1995, metode strategi pencarian solusi global yang efisien yang dapat menangani masalah-masalah optimasi non linier. PSO memiliki algoritma yang dianalogikan sebagai interaksi sosial antara anggota kawanan biologis seperti burung dan ikan pada sebuah ruang masalah. Sebuah burung atau yang disebut dengan calon solusi terbang pada suatu area yang menjadi permasalahan untuk mencari makanan. Kumpulan burung membentuk sebuah populasi yang random yang disebut dengan partikel. Setiap partikel memiliki sebuah kecepatan pergerakan yang dinamis pada sebuah ruang. Setelah sekian kurun waktu tertentu yang disebut dengan generasi atau iterasi semua burung yang terbang akan berkumpul pada suatu titik tempat makanan yang menjadi area global optimum. Pada setiap generasi atau iterasi masing-masing burung melakukan pembaruan lokasi menggunakan informasi nilai lokal dan global optimum dan informasi akan diterima oleh burung lainnya (Omkar, 2009). Kesederhanaan algoritma dan performasinya yang baik menjadikan PSO menjadi pilihan peneliti untuk melakukan sebuah optimasi. Berikut adalah rumus umum dari algoritma PSO:

$$\begin{aligned} V_{(i+1)} &= w * V_i + \{(c_1 * r_1) * (pBest_i - X_i)\} + \{(c_2 * r_2) * (gBest_i - X_i)\} \\ X_{(i+1)} &= X_i + V_{(i+1)} \end{aligned} \quad (2.10)$$

Dimana c_1 adalah tingkat *cognitive learning* dan c_2 adalah tingkat *social learning*. Nilai r_1 dan r_2 dibangkitkan secara acak antara nilai 0-1, nilai w merupakan faktor inersia. Persamaan diatas terdapat tiga bagian utama yaitu bagian pertama kecepatan partikel yang terdahulu, bagian kedua perilaku dari masing-masing partikel dan bagian ketiga perilaku sosial.



Gambar 2.3 Dua Partikel Mencari Solusi (Vilovic, 2014)

2.7 Quantum-Behaved Particle Swarm Optimization (QPSO)

Algoritma QPSO pertama kali diusulkan oleh J. Sun, B. Feng, dan W. B. Xu pada tahun 2004. Latar belakang kemunculan metode ini yaitu pada metode PSO hasilnya memiliki konvergensi yang tidak dapat dijamin. Perbedaan mendasar pada QPSO adalah partikel yang dianalogikan sebagai fungsi gelombang $|\Psi_{(x,t)}|$ bukan posisi dan kecepatan. Perilaku dinamis dari partikel yang sangat beragam dari partikel sistem PSO biasanya bahwa nilai-nilai X dan V tidak dapat ditentukan secara bersamaan. Posisi X ditentukan dari fungsi kepadatan probabilitas $|\Psi_{(x,t)}|^2$ (Omkar, 2009).

$$\begin{aligned} X_{(t+1)} &= P_i - \beta * (mBest - X_t) * \ln\left(\frac{1}{u}\right) & \text{if } k \geq 0.5 \\ X_{(t+1)} &= P_i + \beta * (mBest - X_t) * \ln\left(\frac{1}{u}\right) & \text{if } k < 0.5 \end{aligned} \quad (2.11)$$

$$P_i = \varphi * pBest_i + (1 - \varphi) * gBest_i \quad (2.12)$$

$$mBest = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N pBest_i \quad (2.13)$$

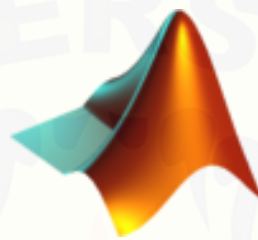
Mbest adalah *mean best position* didefinisikan sebagai rata-rata dari semua posisi terbaik dari populasi, k , u dan φ adalah nomor acak terdistribusi secara merata. Menimbang bahwa jumlah iterasi dan ukuran populasi persyaratan umum di setiap algoritma *evolutioner*, β , disebut koefisien *contraction-expansion* adalah satu-satunya parameter dalam algoritma QPSO. Hal ini dapat diatur untuk mengontrol kecepatan konvergensi dari algoritma. Berikut adalah rumus dari fungsi *contraction-expansion* (Omkar, 2009) :

$$\beta_{(t)} = \beta_{max} - \frac{(\beta_{max} - \beta_{min})}{iterasi_{max}} * iterasi_{(t)} \quad (2.14)$$

Dengan $\beta_{(t)}$ merupakan nilai koefisien *contraction-expansion*, β_{max} nilai awal dan β_{min} nilai akhir dari koefisien *contraction-expansion*, $iterasi_{max}$ nilai maksimum dari iterasi dan $iterasi_{(t)}$ nilai iterasi.

2.8 MATLAB

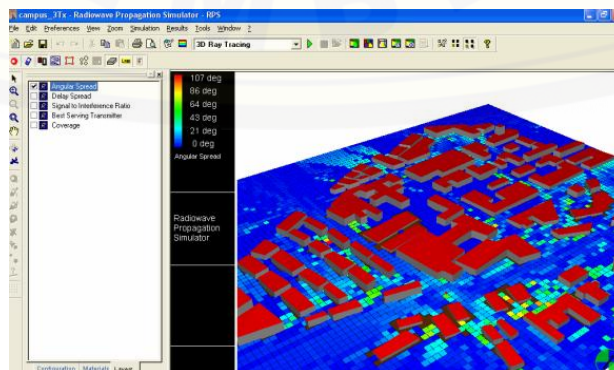
MATLAB (*Matrix Laboratory*) adalah sebuah lingkungan komputasi numerikal dan bahasa pemrograman komputer generasi keempat. Dikembangkan oleh The MathWorks, MATLAB memungkinkan manipulasi matriks, pemplot-an fungsi dan data, implementasi algoritma, pembuatan antarmuka pengguna, dan peng-antarmuka-an dengan program dalam bahasa lainnya. Sebuah paket tambahan, Simulink, menambahkan simulasi grafis multiranah untuk sistem terlekat dan dinamik (Wikipedia, 2018).



Gambar 2.4 Logo MATLAB (Wikipedia, 2018)

2.9 Radiowave Propagation Simulator

Radiowave Propagation Simulator (RPS) adalah *software* sistem perencanaan jangkauan/kinerja radio untuk berbagai sistem radio. Karakteristik yang menonjol dari *platform* RPS antara lain adalah sistem berbasis GUI (*Graphical User Interface*) sehingga mudah dipelajari, sangat cepat dan akurat 3D *ray tracing* serta algoritma propagasi empiris, mesin pelacak *ray tracing* yang sangat paralel dengan *load balancing* yang canggih dan mode prediksi hibrida untuk kinerja simulasi yang belum pernah terjadi sebelumnya dan arsitektur sistem terbuka untuk memudahkan dalam penggunaan.

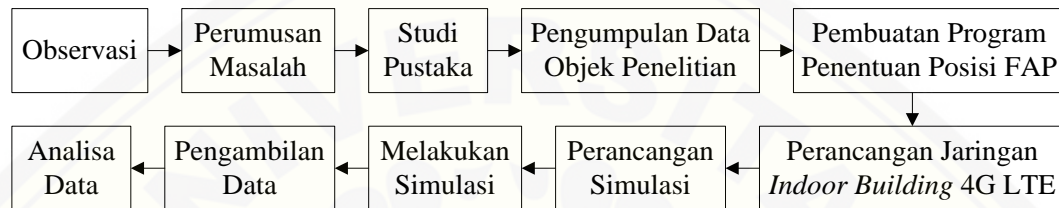


Gambar 2.5 Tampilan *Software* RPS (Deibner, 2005)

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab metode penelitian ini, penulis akan menjelaskan tentang tahapan penelitian, diagram alir program, perancangan sistem, tahapan simulasi, langkah-langkah pengambilan data serta teori perhitungan *link budget*.

3.1 Tahapan Penelitian

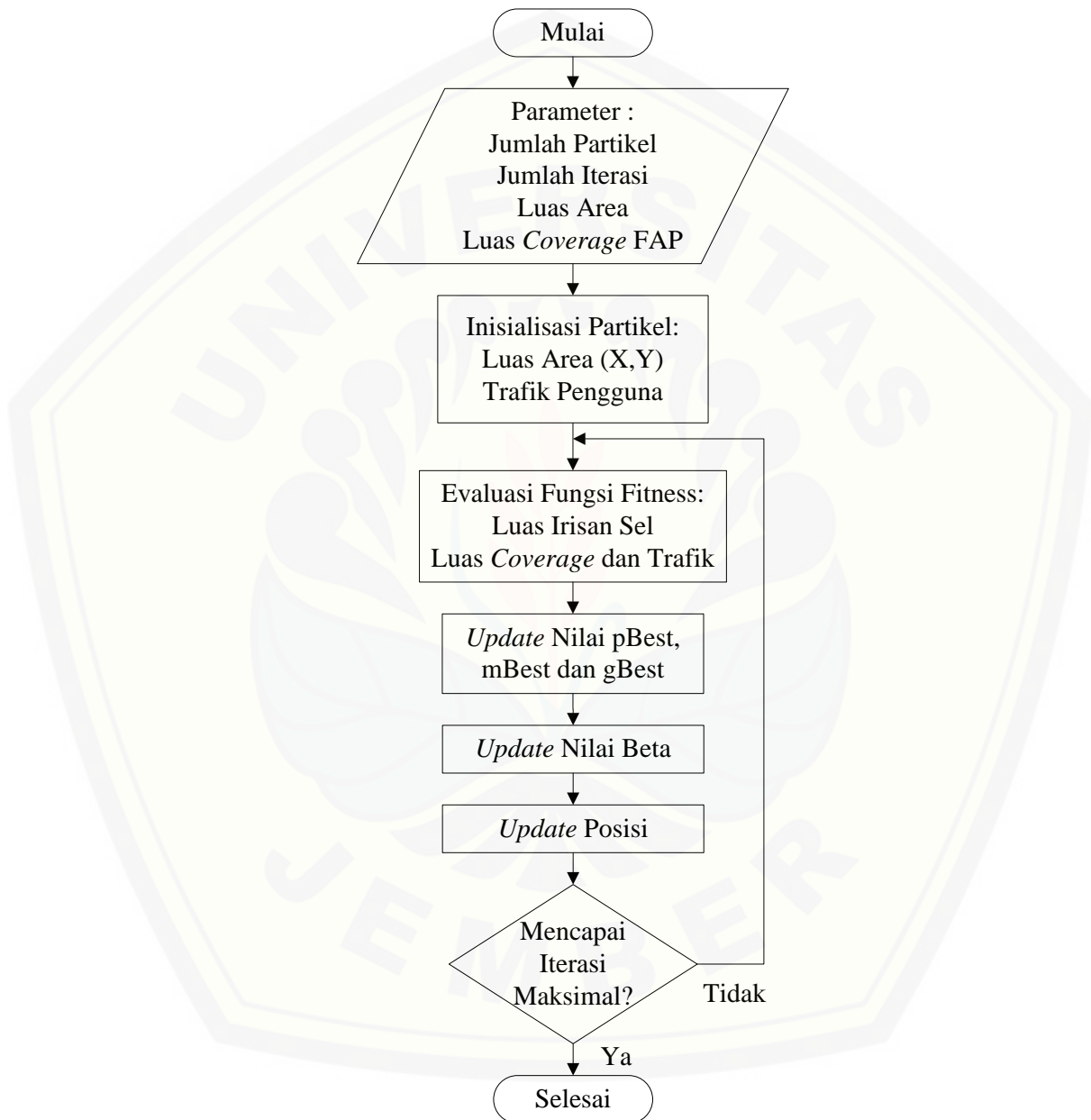


Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

Langkah pertama yang dilakukan penulis dalam melakukan penelitian ini yaitu observasi, penulis mengadakan pengamatan secara langsung terhadap objek yang akan diteliti untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan. Langkah kedua yaitu merumuskan masalah yang ada didalam objek yang telah diamati. Langkah ketiga mencari dan mempelajari literatur yang relevan dengan masalah yang ditemukan untuk mencari solusi yang tepat. Ada beberapa hal dalam literatur yang menjadi poin penting penelitian seperti metode pemosisian FAP, konsep jaringan *indoor building*, perhitungan *link budget* dan denah gedung yang diteliti. Langkah berikutnya yaitu membuat program untuk mencari posisi FAP terbaik menggunakan metode QPSO. Data-data yang didapatkan pada tahapan sebelumnya diperlukan untuk melakukan tahap selanjutnya yaitu perancangan jaringan *indoor building* 4G LTE. Setelah dilakukan perancangan kemudian dilakukan perancangan simulasi pada *software* RPS 5.4 dengan model propagasi Cost 231 *Multi-Wall*, terakhir melakukan pengambilan data dan analisa data.

3.2 Diagram Alir Program

Pembuatan program penentuan posisi FAP terbaik pada sebuah ruang masalah dilakukan menggunakan metode *Quantum-behaved Particle Swarm Optimization* pada *software* Matlab 2013a. Berikut adalah *flowchat* programnya:



Gambar 3.2 *Flowchat* Program Penentuan Posisi FAP

3.2.1 Parameter Program

Pada perancangan program penentuan posisi FAP hal pertama yang dilakukan yaitu memasukan parameter yang diperlukan pada penelitian ini seperti luas area yang menjadi studi kasus yaitu sebesar 560 m², luas *coverage* FAP yang didapatkan dari hasil perhitungan *link budget* pada masing-masing lantai. Kemudian pada awal program ditentukan jumlah partikel dan jumlah iterasi yang akan digunakan.

3.2.2 Inisialisasi Partikel

Inisialisasi partikel terdiri dari tiga bagian utama yaitu koordinat X atau panjang gedung sebesar 40 meter, koordinat Y atau lebar gedung sebesar 14 meter dan nilai trafik pengguna yang didapatkan dari hasil perhitungan OBQ. Nilai optimum yang didapatkan berasal dari inisialisasi partikel yang dianalogikan sebagai penyebaran partikel dalam suatu populasi pada suatu daerah untuk mendapatkan solusi posisi. Penyebaran partikel disebarkan secara acak dengan fungsi random pada matlab dengan batas nilai tertentu sehingga diketahui ruang pencarian partikel untuk memperoleh nilai optimum.

3.2.3 Evaluasi Fungsi *Fitness*

Setelah partikel telah tersebar secara acak kemudian dilakukan evaluasi terhadap fungsi *fitness*. Posisi peletakan partikel yang menempati lokasi tertentu, posisi tersebut memiliki nilai *fitness* disetiap partikelnya. Fungsi *fitness* yang dievaluasi pada program ini yaitu penjumlahan dari nilai luas cakupan dengan nilai trafik.

3.2.4 Memperbarui Nilai Terbaik

Posisi terbaik didapatkan dari hasil nilai *fitness* optimum dari masing-masing partikel. Nilai optimum yang dimaksud adalah nilai maksimum atau nilai *fitness* terbesar yang menjadi posisi terbaik dan dianggap sebagai patokan informasi partikel-partikel lain tentang keberadaan nilai optimum. pBest (*personal best*) yaitu informasi terbaik yang didapatkan dari nilai setiap partikel. mBest (*mean best*) yaitu

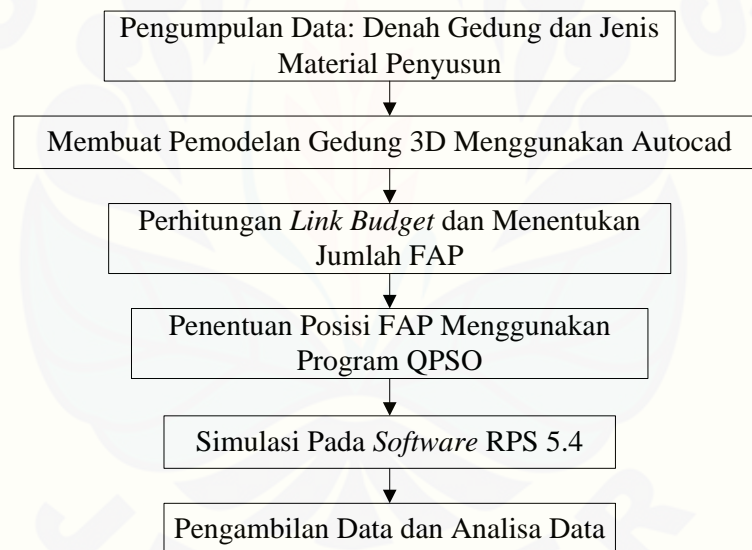
posisi terbaik rata-rata diantara partikel. *gBest* (*global best*) yaitu informasi terbaik yang didapatkan dari nilai semua partikel dalam sebuah populasi.

3.2.5 Memperbarui Nilai Beta

Hal yang membedakan antara algoritma PSO pada umumnya dengan QPSO terletak pada nilai β yang biasa disebut dengan koefisien *contraction-expansion*, nilai ini digunakan untuk mengontrol kecepatan konvergensi dari algoritma. Rumus yang digunakan untuk memperbarui nilai beta ini menggunakan persamaan 2.14.

3.3 Perancangan Sistem

Berikut adalah tahapan-tahapan perancangan sistem yang dilakukan penulis dalam melakukan penelitian:

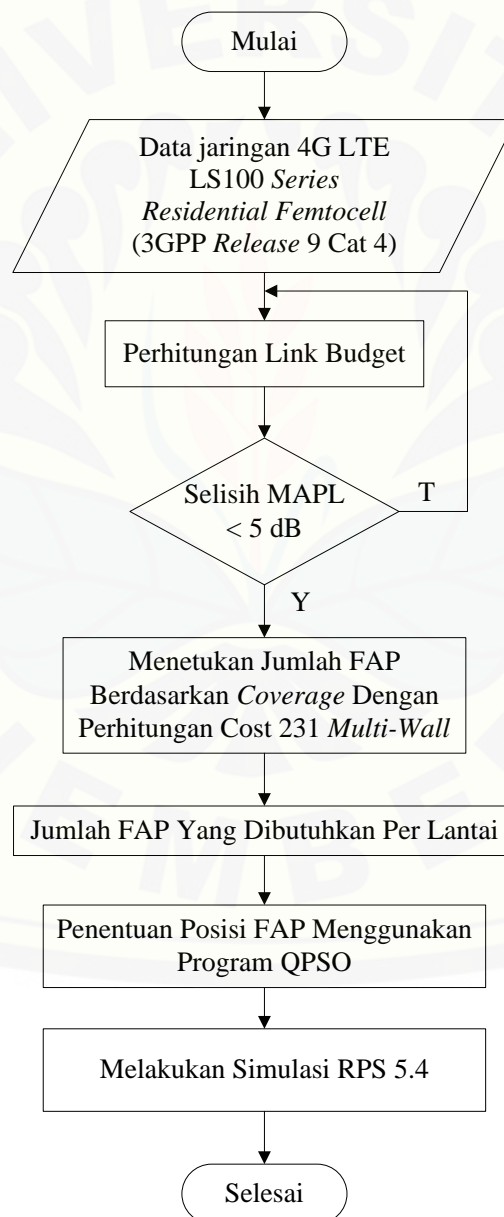


Gambar 3.3 Perancangan Sistem

Pada penelitian tentang perancangan jaringan *femtocell* 4G LTE akan dilakukan pemodelan 3D gedung yang menjadi objek penelitian menggunakan *software* Autocad dan informasi mengenai jenis material penyusun gedung. Pada perhitungan link budget akan dicari nilai MAPL (*Maximum Allowable Path Loss*) pada arah downlink pemancar dan penerima, pada arah uplink pemancar dan penerima. Dari luas gedung yang ada dan luas cakupan sel yang dihitung sesuai dengan model propagasi yang digunakan yaitu Cost 231 *Multi-Wall* selanjutnya

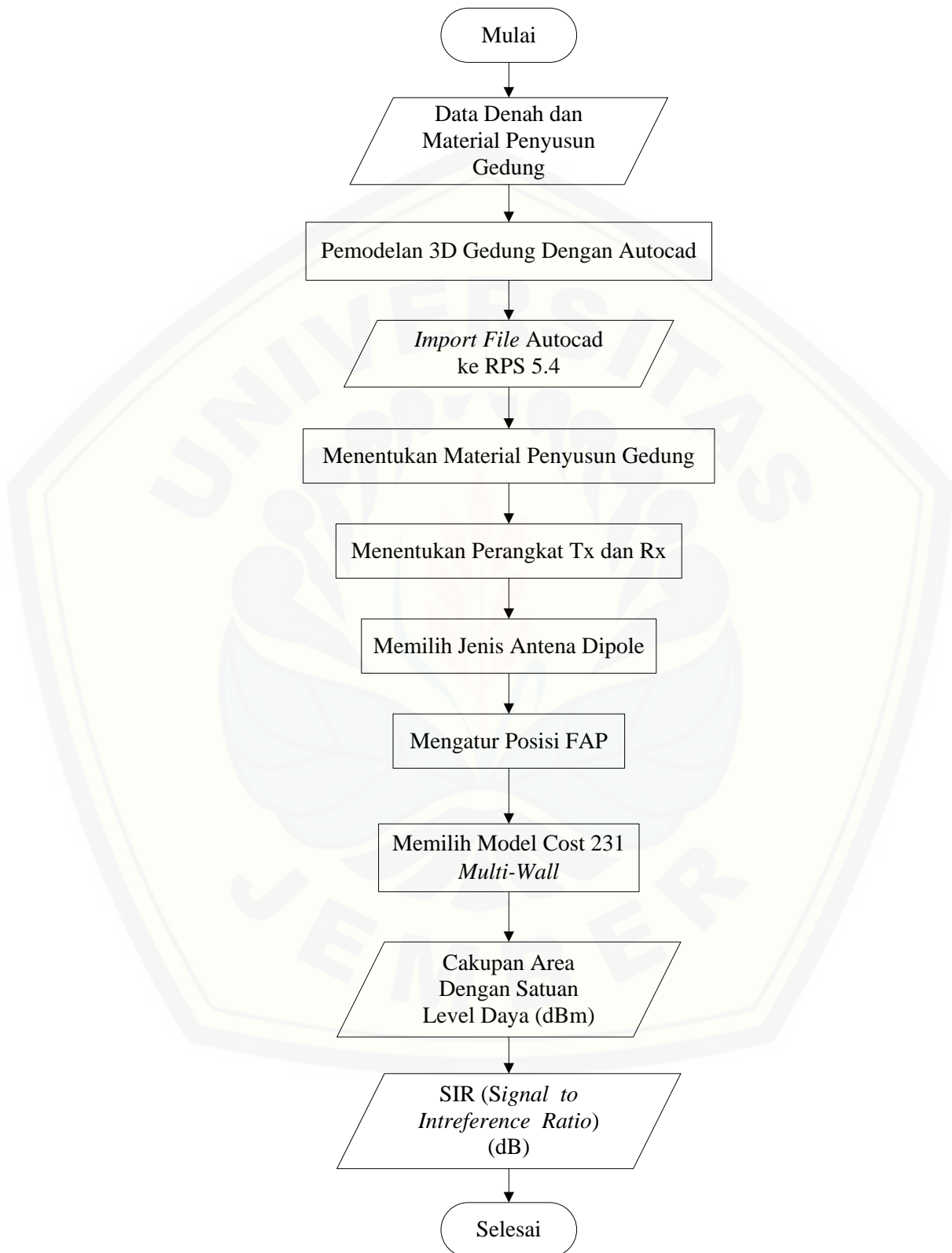
data tersebut menjadi acuan untuk menghitung jumlah antenna FAP yang dibutuhkan. Simulasi dilakukan menggunakan *software* Radiowave Propagation Simulator (RPS) 5.4. Untuk jenis *femtocell* 4G LTE yang digunakan pada penelitian adalah LS100 Series Residential Femtocell dengan produsen asal Fujitsu. Berdasarkan jenis *femtocell* ini menerapkan parameter 3GPP Release 9 Cat 4 yang nantinya akan digunakan dalam perencanaan.

3.4 Tahapan Perencanaan



Gambar 3.4 Tahapan Perencanaan

3.5 Tahapan Simulasi



Gambar 3.5 Tahapan Simulasi

3.6 Pengumpulan Data

3.6.1 Data Persiapan Perencanaan

Sebelum melakukan perencanaan dibutuhkan beberapa data, seperti data denah gedung yang menjadi objek penelitian, jenis-jenis material penyusun gedung, data perhitungan *link budget*, data perhitungan jumlah antenna FAP setiap lantai yang dibutuhkan pada saat melakukan simulasi.

3.6.2 Data Hasil Perencanaan

Setelah tahap perencanaan maka akan di dapatkan data hasil perencanaan yang terdiri dari data hasil perhitungan *link budget* dengan hasil akhir nilai *Maximum Allowable Propagation Loss* (MAPL) pada sisi *uplink* dan *downlink* untuk setiap lantai, data perhitungan jumlah antenna FAP yang dibutuhkan setiap lantai dan data hasil simulasi berupa 2D dan 3D plot dari *coverage area* dan SIR (Signal to Interference Ratio) masing-masing lantai menggunakan *software* RPS 5.4.

3.7 Tahapan Pengambilan Data

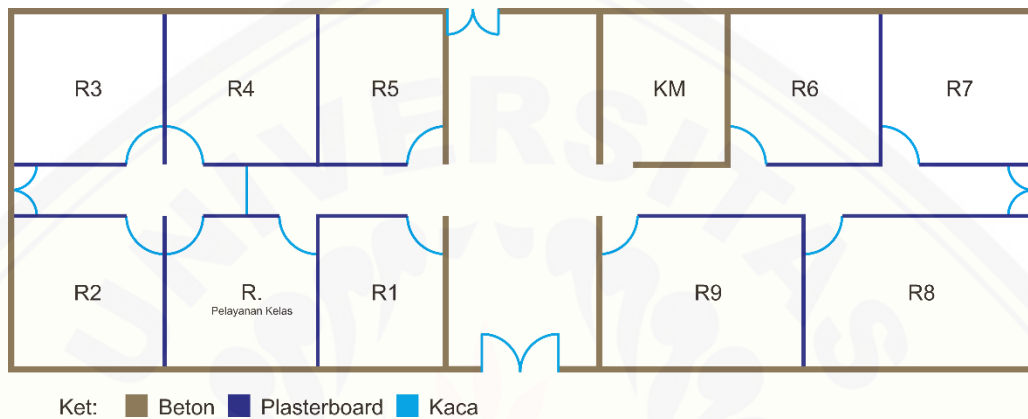
Tahapan pengambilan data dilakukan setelah tahapan perencanan dilakukan. Seteleh menentukan koordinat gedung, jumlah FAP dan trafik pengguna maka dilakukan simulasi program QPSO untuk mendapatkan koordinat posisi terbaik FAP. Kemudian pada tahapan simulasi RPS ditentukan jenis antenna yang digunakan, selanjutnya memilih model propagasi dengan skenario sesuai hasil pemosisian antenna FAP menggunakan metode QPSO. Data yang akan dihasilkan pada simulasi berupa 2D dan 3D plot *coverage area* dan SIR (*Signal to Interference Ratio*), kemudian masing-masing data tersebut dianalisis.

3.8 Kondisi Gedung Objek Penelitian

Gedung yang dipilih sebagai objek penelitian adalah gedung B Fakultas Teknik Universitas Jember. Gedung tersebut memiliki 3 lantai, pada masing-masing lantai terdiri dari banyak ruangan yang dipetak-petakkan. Mengenai kondisi gedung tersebut diperoleh dari hasil observasi langsung ke lokasi.

3.8.1 Lantai 1

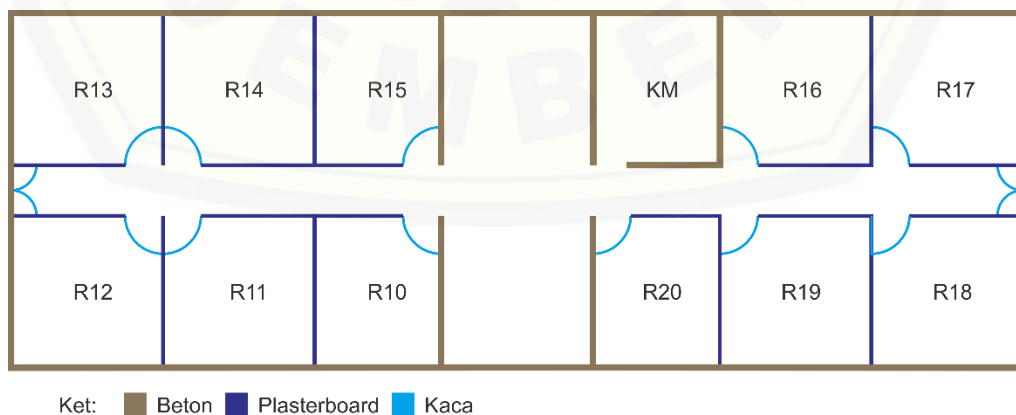
Kondisi pada lantai 1 memiliki 10 ruangan yang terdiri dari 9 ruang kelas 1 ruang pelayanan kelas. Adapun ruangan tambahan yaitu ruangan toilet yang berada disamping lobi utama. Masing-masing ruangan terdiri dari 3 bahan utama penyusunnya yaitu pada tembok terdiri dari tembok beton dan *plasterboard* serta pintunya tersusuh dari kaca dengan bingkai aluminium.



Gambar 3.6 Denah Lantai 1

3.8.2 Lantai 2

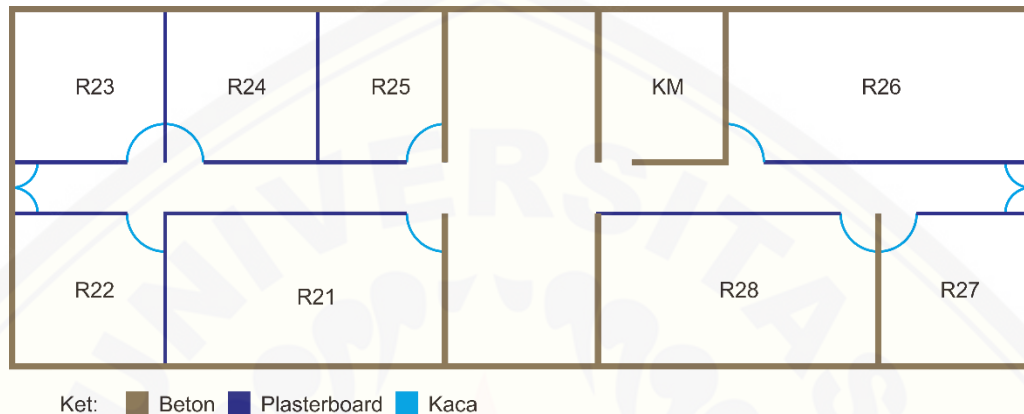
Kondisi pada lantai 2 memiliki 12 ruangan yang terdiri dari 11 ruang kelas 1 ruangan tambahan yaitu ruangan toilet disamping tangga. Masing-masing ruangan terdiri dari 3 bahan utama penyusunnya yaitu pada tembok terdiri dari tembok beton dan *plasterboard* serta pintunya tersusuh dari kaca dengan bingkai aluminium.



Gambar 3.7 Denah Lantai 2

3.8.3 Lantai 3

Kondisi pada lantai 3 memiliki 9 ruangan yang terdiri dari 8 ruang kelas 1 ruangan tambahan yaitu ruangan toilet disamping tangga. Masing-masing ruangan terdiri dari 3 bahan utama penyusunnya yaitu pada tembok terdiri dari tembok beton dan *plasterboard* serta pintunya tersusun dari kaca dengan bingkai aluminium.



Gambar 3.8 Denah Lantai 3

3.9 Permasalahan Jaringan Nirkabel Gedung

Permasalahan jaringan nirkabel dalam *mobile* komunikasi di Gedung B Fakultas Teknik Universitas Jember yaitu:

1. Penentuan antenna FAP tidak menggunakan suatu metode yang menyebabkan tidak efektifnya jangkauan sinyal yang diterima oleh pengguna.
2. Jenis material penyusun gedung yang bervariasi dan bentuk ruangan yang saling berhadap-hadapan dengan sekat pemisah antar ruangan yang bervariasi menyebabkan adanya pelemahan sinyal pada sisi pengguna.
3. Pengguna aktif pada semua lantai menyebabkan kepadatan trafik.

3.10 Perhitungan *Link Budget*

3.10.1 *Link Budget* 4G LTE

Perhitungan *link budget* pada komunikasi nirkabel yaitu perhitungan level daya yang dilakukan untuk memastikan bahwa level daya di penerimaan lebih besar atau sama dengan ambang level daya. Tujuannya untuk menjaga keseimbangan antara bati (*gain*) dan rugi-rugi (*loss*) guna mencapai kualitas sinyal SINR (*Signal*

to *Interference Noise Ratio*) yang diinginkan. Perhitungan ini menggunakan alokasi frekuensi 4G LTE di negara Indonesia sesuai dengan Peraturan Kominfo Nomor 19 tahun 2015 yaitu sebesar 1800 MHz. Perhitungan *link budget* dilakukan untuk mengetahui cakupan wilayah suatu sel. Parameter-parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan *link budget* salah satunya adalah rugi-rugi lintasan (*path loss*) propagasi antara pemancar dan penerima. Parameter lain yang diperlukan antara lain daya pancar, bati antena, rugi-rugi jalur, batas dan kepekaan penerima. Hasil akhir dari perhitungan ini adalah nilai *Maximum Allowable Propagation Loss* (MAPL). Berikut tabel *link budget* untuk arah *uplink* dan *downlink* (Utami & Hikmaturokhman, 2016) :

Tabel 3.1 Parameter *Link Budget* Dari Arah *Uplink*

Transmitter (Mobile Station)	Tanda
Daya Pancar MS (dBm)	a = 18 dBm
Gain Antena MS (dBi)	b = 3 dBi
Rugi-Rugi (dB)	c = 0 dB
<i>Equivalent Isotropic Radiated Power</i> (dBm)	d = a + b - c
Receiver (Base Station)	Tanda
<i>Thermal Noise Density</i> (dBm/Hz)	e = $10 \log (1,38 \times 10^{-23} \times 290) = -204 \text{ dBW}$ = -174 dBm/Hz
<i>Receiver Noise Figure</i> (dB)	f = 2 dB
<i>Receiver Noise Density</i> (dBm/Hz)	g = e + f
<i>Receiver Noise Power</i> (dBm), dihitung untuk nilai 50 Mbps	h = g + $10 \log (50 \times 10^6)$
<i>Interference Margin</i> (dB)	i = 3 dB
<i>Noise And Interference</i> (dBm)	j = h + i
<i>Processing Gain</i> (dB)	k = $10 \log (50 \text{ Mbps}/384)$
<i>Eb/No</i> yang dibutuhkan (dB)	l = 1 dB
<i>Receiver Sensitivity</i> (dBm)	m = l - j + k
<i>Gain Antena BS</i> (dBi)	n = 3 dBi
<i>Fast Fading Margin</i> (dB)	o = 2 dB
Rugi-rugi Penetrasi Gedung (dB)	p
<i>Soft Handover Gain</i> (dB)	q = 3 dB
<i>Maximum Allowable Propagation Loss</i> (MAPL) (dB)	r = d - m + n - o - p + q

Tabel 3.2 Parameter *Link Budget* Dari Arah *Downlink*

Transmitter (Base Station)	Tanda
Daya Pancar BS (dBm)	a = 20 dB
Gain Antena BS (dBi)	b = 3 dBi
Rugi-Rugi (dB)	c = 0 dB
<i>Equivalent Isotropic Radiated Power</i> (EIRP) (dBm)	d = a + b - c
Receiver (Mobile Station)	Tanda
<i>Thermal Noise Density</i> (dBm/Hz)	e = 10 log (1,38 x 10 ⁻²³ x 290) = -204 dBW = -174 dBm/Hz
<i>Receiver Noise Figure</i> (dB)	f = 2 dB
<i>Receiver Noise Density</i> (dBm/Hz)	g = e + f
<i>Receiver Noise Power</i> (dBm), dihitung untuk nilai 150 Mbps	h = g + 10 log (150 x 10 ⁶)
<i>Interference Margin</i> (dB)	i = 3 dB
<i>Noise And Interference</i> (dBm)	j = h + i
<i>Processing Gain</i> (dB)	k = 10 log (150 Mbps/384)
<i>Eb/No</i> yang dibutuhkan (dB)	l = 1 dB
<i>Receiver Sensitivity</i> (dBm)	m = l - j + k
<i>Gain Antena BS</i> (dBi)	n = 3 dBi
<i>Fast Fading Margin</i> (dB)	o = 2 dB
Rugi-rugi Penetrasi Gedung (dB)	p = 194,8 dB
<i>Soft Handover Gain</i> (dB)	q = 3 dB
<i>Maximum Allowable Propagation Loss</i> (MAPL) (dB)	r = d - m + n - o - p + q

Tabel 3.3 Parameter-Parameter Umum 3GPP Release 9

Perangkat	Parameter Nilai	Satuan
<i>Femtocell</i>	<i>Max Power Transmit</i>	20 dBm
<i>User Equipment</i>	<i>Max Power Transmit</i>	23 dBm

3.10.2 Redaman Material

Redaman material dihitung untuk mendapatkan nilai dari hasil rugi-rugi material penyusun gedung. Jenis-jenis material penyusun gedung dapat berupa jenis dinding, jenis lantai, pemisah antar ruangan, kaca, pintu, bingkai jendela, alumunium dan lain sebagainya. Berikut ini adalah tabel redaman material (Utami & Hikmaturokhman, 2016) :

Tabel 3.4 Redaman Material

Bahan Material	Redaman (dB)
<i>Glass</i>	2,8
<i>Plasterboard Wall</i>	4
<i>Concentrate Wall</i>	8

3.11 Skenario Pengambilan Data

3.11.1 Skenario Pengambilan Data Simulasi QPSO

Pengambilan data simulasi QPSO untuk mencari posisi terbaik dari FAP pada sebuah gedung dilakukan pada setiap lantai dengan total lantai berjumlah 3 lantai. Parameter masukan yang digunakan adalah jumlah partikel awal yang disebarkan pada area gedung, jumlah iterasi yang digunakan, luas area dari gedung yang menjadi objek penelitian, radius cakupan dari masing-masing FAP dan nilai trafik pengguna hasil perhitungan. Simulasi dilakukan pada *software* matlab 2013a, variasi pengambilan data yang dilakukan dibedakan berdasarkan jumlah partikel dan jumlah iterasi. Hasil data simulasi yang diambil adalah jumlah nilai *fitness* maksimum dari masing-masing variasi pengambilan data, Nilai *fitness* itu sendiri didapatkan dari hasil penjumlahan total nilai cakupan FAP dengan nilai trafik pengguna yang telah dihitung.

3.11.2 Skenario Pengambilan Data Simulasi Jaringan *Femtocell*

Pengambilan data simulasi jaringan *femtocell* 4G LTE dilakukan menggunakan *software* RPS 5.4. Parameter yang dimasukkan pada simulasi yaitu frekuensi sebesar 1800 MHz, tinggi pemancar FAP, tinggi penerima, daya awal pemancar, gain antena pemancar dan penerima. Simulasi dilakukan menggunakan beberapa skenario yang dilakukan secara bergantian. Hasil data yang diperoleh dari simulasi berupa nilai level daya pada sisi cakupan dan nilai level daya pada sisi *Signal to Interference Ratio* (SIR) kemudian juga didapatkan masing-masing data berupa tabel distribusi frekuensi kumulatif yang diolah untuk mencari nilai persentasenya. Penggolongan nilai presentase berdasarkan tabel kategori yang ada pada tabel 2.1 dan tabel 2.2.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dari data hasil penelitian, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode *Quantum-behaved Particle Swarm Optimization* (QPSO) digunakan untuk mencari posisi terbaik dari antenna FAP dengan melakukan persebaran partikel secara random menggunakan *software* matlab pada sebuah ruang masalah yaitu berupa gedung. Masing-masing antenna memiliki nilai *coverage* yang dijadikan salah satu parameter masukan pada program. Posisi terbaik antenna FAP didapatkan dari hasil evaluasi luas irisan sel, luas *coverage* dan nilai trafik pengguna. Pada saat partikel acak disebarkan, masing-masing partikel memiliki nilai *fitness* yang kemudian dijadikan acuan informasi bagi partikel lainnya untuk menemukan solusi terbaik yaitu berupa posisi antenna FAP.
2. Berdasarkan hasil simulasi pada RPS 5.4 diketahui bahwa nilai rata-rata daya *coverage* tertinggi pada skenario ke-2 sebesar -37,99 dBm dan nilai terendah pada skenario ke-8 dengan nilai -65,65 dBm. Sedangkan untuk presentase nilai *coverage* rata-rata nilainya dengan keterangan baik. Nilai tertinggi yang didapatkan sebesar 84,39% pada skenario ke-7. Untuk lebih detail datanya dapat dilihat pada halaman 70.
3. Berdasarkan hasil simulasi pada RPS 5.4 diketahui bahwa nilai rata-rata daya SIR pada pada skenario ke-1 sebesar 33,42 dB dan untuk nilai terendah pada skenario ke-8 dengan nilai 25,24 dB. Sedangkan untuk presentase nilai SIR rata-rata nilainya dengan keterangan sangat baik. Nilai tertinggi yang didapatkan sebesar 52,85% pada skenario ke-1. Untuk lebih detail datanya dapat dilihat pada halaman 71.

5.2 Saran

Dari hasil analisis hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran penelitian untuk dapat dikembangkan dan berikut beberapa saran yang diajukan:

1. Dapat menggunakan metode lain untuk mencari posisi terbaik dari antena FAP pada sebuah objek gedung yang diteliti.
2. Pada perancangan dan simulasi jaringan *femtocell* 4G LTE dapat dilakukan menggunakan *software* yang lebih lengkap.
3. Penggunaan model propagasi pada penelitian dapat diganti sesuai dengan kondisi objek yang diteliti.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhuwania, A., Subba, P., dan Roy, U. K. 2016. Positioning WiFi Access Points Using Particle Swarm Optimization. *IEEE*.
- Deb, P. 2017. Study of Indoor Path Loss Computational Models for Femtocell Based Mobile Network. *Wireless Pers Commun*.
- Fachire, M., Widowati, S., dan Hanuranto, A. T. 2012. Implementasi Fuzzy Evolutionary Algorithms Untuk Penentuan Posisi Base Transceiver Station (BTS). *SNATI*.
- Hikmaturokhman, A., Berlianti, L., dan Pamungkas, W. 2015. Analisa Model Propagasi Cost 231 Multi Wall pada Perancangan Jaringan Indoor Femtocell HSDPA menggunakan Radiowave Propagation Simulator. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*. Yogyakarta: UII Yogyakarta.
- Isnawati, A. F. 2012. Perancangan Cakupan Area Long Term Evolution (LTE) Di Daerah Banyumas. *Jurnal Infotel*.
- Luo, Meiling. 2013. Indoor Radio Propagation Modeling For System Performance Prediction. *Tesis*. Inggris: L'Institut National des Sciences Appliquees de Lyon
- Oktauliah, F. 2017. Analisa Perencanaan Jaringan 4G LTE Pada Gedung A Fakultas Teknik Universitas Jember Menggunakan Radiowave Propagation Simulator 5.4. *SINERGI*.
- Omkar, S., Khandelwal, R., Ananth, T., Naik, G. N., dan Gopalakrishnan, S. 2009. Quantum behaved Particle Swarm Optimization (QPSO) For Multi-Objective Design Optimization Of Composite Structures. *Science Direct*.
- Pereira, M. B., Cavalcanti, F. R., dan Maciel, T. F. 2014. Particle Swarm Optimization for Base Station Placement. *IEEE*.
- Rachmawan, H. 2007. Simulasi Cakupan Sistem IBC (In-Building Coverage) Pada Komunikasi GSM. *UNDIP INSTITUTIONAL REPOSITORY*.
- Rohman, M. F., Rofii, F., & Hunaini, F. 2016. Optimasi Penempatan Menara Bts Menggunakan Quantum-Behaved Particle Swarm Optimization. *JNTE*.

Tarigan, R. P., Putri, H., dan Ginting, I. 2016. Perencanaan Indoor Building Coverage (IBC) Pada Jaringan 3G R99 Di Gedung Ararkula Telkom University. *Telkom University*.

Vilovic, I. d. 2014. Location Optimization of WLAN Access Points Based on a Neural Network Model and Evolutionary Algorithms. *AUTOMATIKA*.

Wikipedia. 2018. MATLAB.

<https://id.wikipedia.org/w/index.php?title=MATLAB&action=history>.

[Diakses pada 3 Maret 2018]

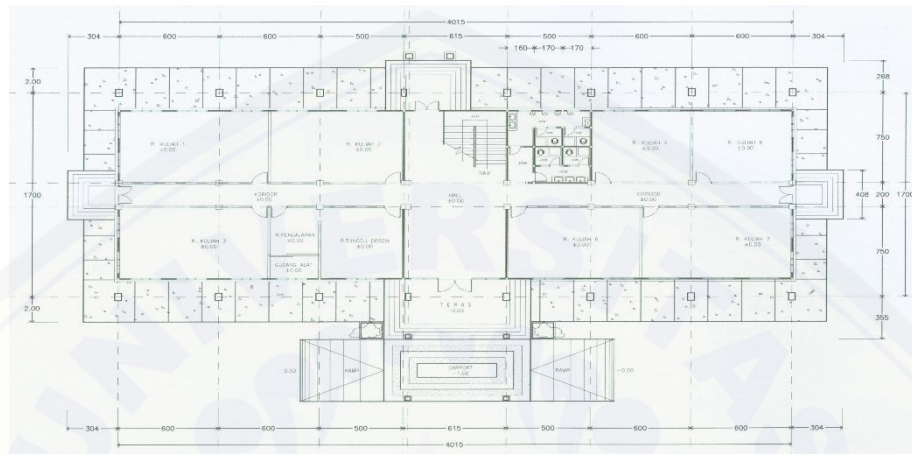
Zhang, J., dan Roche, G. d. 2010. *Femtocell: Technologies and Deployment*. Singapura: John Wiley & Sons Ltd.

Zyoud, A., Chebil, J., Habaebi, M., Islam, M., dan Zeki, A. 2013. Comparison of Empirical Indoor Propagation Models for 4G Wireless Networks at 2.6 GHz. *CEIT*, 7-11.

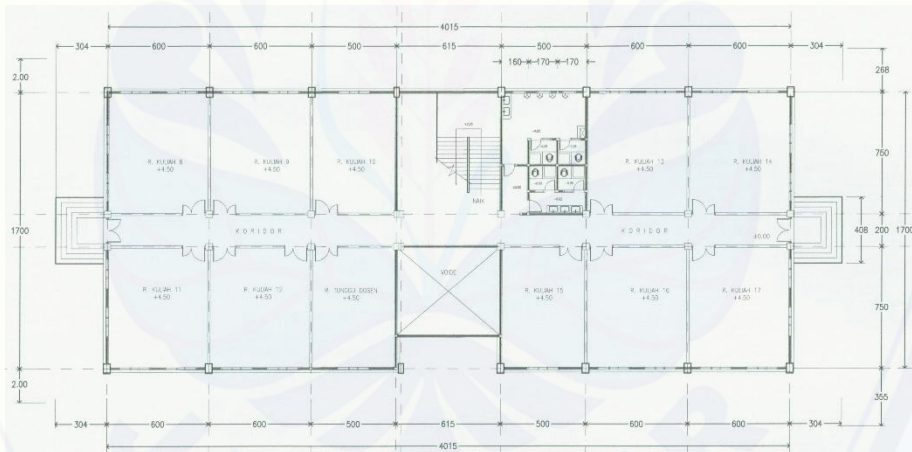
LAMPIRAN

A. Denah Gedung Kuliah

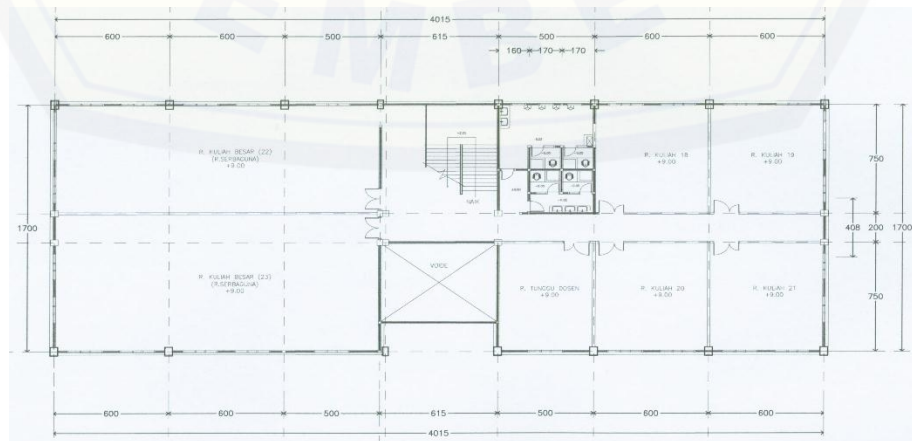
1. Denah Lantai 1



2. Denah Lantai 2



3. Denah Lantai 3



B. Perhitungan Link Budget

1. Perhitungan Link Budget Lantai 1

Tabel Link Budget Lantai 1 Dari Arah Uplink

Transmitter (Mobile Station)	Tanda	Nilai
Daya Pancar MS (dBm)	a	18 dBm
Gain Antena MS (dBi)	b	3 dBi
Body Loss (dB)	c	0
Equivalent Isotropic Radiated Power (EIRP) (dBm)	$d = a + b - c$	21 dBm
Receiver (Base Station)	Tanda	Nilai
Thermal Noise Density (dBm/Hz)	$e = 10 \log (1,38 \times 10^{-23} \times 290) = -204 \text{ dBW} = -174 \text{ dBm/Hz}$	-174dBm/Hz
Receiver Noise Figure (dB)	f	2 dB
Receiver Noise Density (dBm/Hz)	$g = e + f$	-172 dBm
Receiver Noise Power (dBm), dihitung untuk nilai 50 Mbps	$h = g + 10 \log (50 \times 10^6)$	-215 dBm
Interference Margin (dB)	i	3 dB
Noise And Interference (dBm)	$j = h + i$	-212 dBm
Processing Gain (dB)	$k = 10 \log (50 \text{ Mbps}/384)$	8,85 dB
Eb/No yang dibutuhkan (dB)	l	1 dB
Receiver Sensitivity (dBm)	$m = l - j + k$	-219,85 dBm
Gain Antena BS (dBi)	n	3 dBi
Fast Fading Margin (dB)	o	2 dB
Rugi-rugi Penetrasi Gedung (dB)	p	191,2 dB
Soft Handover Gain (dB)	q	3 dB
Maximum Allowable Propagation Loss (MAPL) (dB)	$r = d - m + n - o - p + q$	53,65 dB

Tabel Link Budget Lantai 1 Dari Arah Downlink

Transmitter (Base Station)	Tanda	Nilai
Daya Pancar BS (dBm)	a	20 dB
Gain Antena BS (dBi)	b	3 dBi
Rugi-Rugi (dB)	c	0 dB
Equivalent Isotropic Radiated Power (EIRP) (dBm)	$d = a + b - c$	23 dB

Receiver (Mobile Station)	Tanda	
<i>Thermal Noise Density</i> (dBm/Hz)	$e = 10 \log (1,38 \times 10^{-23} \times 290) = -204 \text{ dBW}$ $= -174 \text{ dBm/Hz}$	-174 dBm/Hz
<i>Receiver Noise Figure</i> (dB)	f	2 dB
<i>Receiver Noise Density</i> (dBm/Hz)	$g = e + f$	-172 dBm
<i>Receiver Noise Power</i> (dBm), dihitung untuk nilai 150 Mbps	$h = g + 10 \log (150 \times 10^6)$	-215 dBm
<i>Interference Margin</i> (dB)	i	3 dB
<i>Noise And Interference</i> (dBm)	$j = h + i$	-212 dBm
<i>Processing Gain</i> (dB)	$k = 10 \log (150 \text{ Mbps}/384)$	4,08 dB
<i>Eb/No yang dibutuhkan</i> (dB)	l	1 dB
<i>Receiver Sensitivity</i> (dBm)	$m = l - j + k$	-215,08 dB
<i>Gain Antena BS</i> (dBi)	n	3 dBi
<i>Fast Fading Margin</i> (dB)	o	2 dB
<i>Rugi-rugi Penetrasi Gedung</i> (dB)	p	194,8 dB
<i>Soft Handover Gain</i> (dB)	q	3 dB
<i>Maximum Allowable Propagation Loss</i> (MAPL) (dB)	$r = d - m + n - o - p + q$	50,05 dB

2. Perhitungan *Link Budget* Lantai 2

Tabel *Link Budget* Lantai 2 Dari Arah *Uplink*

Transmitter (Mobile Station)	Tanda	Nilai
Daya Pancar MS (dBm)	a	18 dBm
Gain Antena MS (dBi)	b	3 dBi
<i>Body Loss</i> (dB)	c	0
<i>Equivalent Isotropic Radiated Power</i> (dBm)	$d = a + b - c$	21 dBm
Receiver (Base Station)	Tanda	Nilai
<i>Thermal Noise Density</i> (dBm/Hz)	$e = 10 \log (1,38 \times 10^{-23} \times 290) = -174 \text{ dBm/Hz}$	-174dBm/Hz
<i>Receiver Noise Figure</i> (dB)	f	2 dB
<i>Receiver Noise Density</i> (dBm/Hz)	$g = e + f$	-172 dBm
<i>Receiver Noise Power</i> (dBm), dihitung untuk nilai 50 Mbps	$h = g + 10 \log (50 \times 10^6)$	-215 dBm
<i>Interference Margin</i> (dB)	i	3 dB
<i>Noise And Interference</i> (dBm)	$j = h + i$	-212 dBm

<i>Processing Gain</i> (dB)	$k = 10 \log (50 \text{ Mbps}/384)$	8,85 dB
<i>Eb/No</i> yang dibutuhkan (dB)	l	1 dB
<i>Receiver Sensitivity</i> (dBm)	$m = l - j + k$	-219,85 dBm
<i>Gain Antena BS</i> (dBi)	n	3 dBi
<i>Fast Fading Margin</i> (dB)	o	2 dB
Rugi-rugi Penetrasi Gedung (dB)	p	194,8 dB
<i>Soft Handover Gain</i> (dB)	q	3 dB
<i>Maximum Allowable Propagation Loss</i> (MAPL) (dB)	$r = d - m + n - o - p + q$	50,05 dB

Tabel Link Budget Lantai 2 Dari Arah Downlink

Transmitter (Base Station)	Tanda	Nilai
Daya Pancar BS (dBm)	a	20 dB
Gain Antena BS (dBi)	b	3 dBi
Rugi-Rugi (dB)	c	0 dB
<i>Equivalent Isotropic Radiated Power</i> (EIRP) (dBm)	$d = a + b - c$	23 dB
Receiver (Mobile Station)	Tanda	
<i>Thermal Noise Density</i> (dBm/Hz)	$e = 10 \log (1,38 \times 10^{-23} \times 290) = -204 \text{ dBW} = -174 \text{ dBm/Hz}$	-174 dBm/Hz
<i>Receiver Noise Figure</i> (dB)	f	2 dB
<i>Receiver Noise Density</i> (dBm/Hz)	$g = e + f$	-172 dBm
<i>Receiver Noise Power</i> (dBm), dihitung untuk nilai 150 Mbps	$h = g + 10 \log (150 \times 10^6)$	-215 dBm
<i>Interference Margin</i> (dB)	i	3 dB
<i>Noise And Interference</i> (dBm)	$j = h + i$	-212 dBm
<i>Processing Gain</i> (dB)	$k = 10 \log (150 \text{ Mbps}/384)$	4,08 dB
<i>Eb/No</i> yang dibutuhkan (dB)	l	1 dB
<i>Receiver Sensitivity</i> (dBm)	$m = l - j + k$	-215,08 dB
<i>Gain Antena BS</i> (dBi)	n	3 dBi
<i>Fast Fading Margin</i> (dB)	o	2 dB
Rugi-rugi Penetrasi Gedung (dB)	p	194,8 dB
<i>Soft Handover Gain</i> (dB)	q	3 dB
<i>Maximum Allowable Propagation Loss</i> (MAPL) (dB)	$r = d - m + n - o - p + q$	47,28 dB

3. Perhitungan *Link Budget* Lantai 3

Tabel *Link Budget* Lantai 3 Dari Arah *Uplink*

Transmitter (Mobile Station)	Tanda	Nilai
Daya Pancar MS (dBm)	a	18 dBm
Gain Antena MS (dBi)	b	3 dBi
Body Loss (dB)	c	0
Equivalent Isotropic Radiated Power (dBm)	$d = a + b - c$	21 dBm
Receiver (Base Station)	Tanda	Nilai
Thermal Noise Density (dBm/Hz)	$e = 10 \log (1,38 \times 10^{-23} \times 290) = -204 \text{ dBW} = -174 \text{ dBm/Hz}$	-174dBm/Hz
Receiver Noise Figure (dB)	f	2 dB
Receiver Noise Density (dBm/Hz)	$g = e + f$	-172 dBm
Receiver Noise Power (dBm), dihitung untuk nilai 50 Mbps	$h = g + 10 \log (50 \times 10^6)$	-215 dBm
Interference Margin (dB)	i	3 dB
Noise And Interference (dBm)	$j = h + i$	-212 dBm
Processing Gain (dB)	$k = 10 \log (50 \text{ Mbps}/384)$	8,85 dB
Eb/No yang dibutuhkan (dB)	l	1 dB
Receiver Sensitivity (dBm)	$m = l - j + k$	-219,85 dBm
Gain Antena BS (dBi)	n	3 dBi
Fast Fading Margin (dB)	o	2 dB
Rugi-rugi Penetrasi Gedung (dB)	p	186,4 dB
Soft Handover Gain (dB)	q	3 dB
Maximum Allowable Propagation Loss (MAPL) (dB)	$r = d - m + n - o - p + q$	58,45 dB

Tabel *Link Budget* Lantai 3 Dari Arah *Downlink*

Transmitter (Base Station)	Tanda	Nilai
Daya Pancar BS (dBm)	a	20 dB
Gain Antena BS (dBi)	b	3 dBi
Rugi-Rugi (dB)	c	0 dB

<i>Equivalent Isotropic Radiated Power (EIRP) (dBm)</i>	$d = a + b - c$	23 dB
Receiver (Mobile Station) Tanda		
<i>Thermal Noise Density (dBm/Hz)</i>	$e = 10 \log (1,38 \times 10^{-23} \times 290) = -204 \text{ dBW}$ $= -174 \text{ dBm/Hz}$	-174 dBm/Hz
<i>Receiver Noise Figure (dB)</i>	f	2 dB
<i>Receiver Noise Density (dBm/Hz)</i>	$g = e + f$	-172 dBm
<i>Receiver Noise Power (dBm), dihitung untuk nilai 150 Mbps</i>	$h = g + 10 \log (150 \times 10^6)$	-215 dBm
<i>Interference Margin (dB)</i>	i	3 dB
<i>Noise And Interference (dBm)</i>	$j = h + i$	-212 dBm
<i>Processing Gain (dB)</i>	$k = 10 \log (150 \text{ Mbps}/384)$	4,08 dB
<i>Eb/No yang dibutuhkan (dB)</i>	l	1 dB
<i>Receiver Sensitivity (dBm)</i>	$m = l - j + k$	-215,08 dB
<i>Gain Antena BS (dBi)</i>	n	3 dBi
<i>Fast Fading Margin (dB)</i>	o	2 dB
<i>Rugi-rugi Penetrasi Gedung (dB)</i>	p	186,4 dB
<i>Soft Handover Gain (dB)</i>	q	3 dB
<i>Maximum Allowable Propagation Loss (MAPL) (dB)</i>	$r = d - m + n - o - p + q$	55,68 dB

C. Perhitungan Jumlah FAP

1. Perhitungan Jumlah FAP Pada Lantai 1

Perhitungan radius sel menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} L_{FSL} &= 20 \log f \text{ (MHz)} + 20 \log d \text{ (Km)} + 32,45 \\ &= 20 \log (1800) + 20 \log d + 32,45 \\ &= 97,56 + 20 \log (d) \end{aligned}$$

Kemudian menghitung radius menggunakan perhitungan berdasarkan rumus model propagasi Cost 231 *Multi Wall* :

$$PL_{mw} = L_{fsl} + L_c \sum_{i=1}^M L_{wi} \cdot n_{wi} + L_f n_f \frac{n_f+2}{n_f+1} b$$

$$191,2 = 97,56 + 20 \log d + 132,2 + 0$$

$$191,2 = 229,76 + 20 \log d$$

$$-38,56 = 20 \log d$$

$$-1,928 = \log d$$

$$d = 11,80 \text{ meter}$$

Sehingga luas selnya :

$$\begin{aligned} L &= 2,6 \times d^2 \\ &= 2,6 \times (11,80)^2 \\ &= 2,6 \times 139,24 \\ &= 362,02 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Yang terakhir menghitung jumlah *Femtocell Access Point* (FAP) yang dibutuhkan dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah FAP} &= \frac{\text{Luas Area}}{\text{Luas Cakupan Sel}} \\ &= \frac{560}{362,02} \\ &= 1,55 \\ &\approx 2 \text{ FAP} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Jumlah FAP Pada Lantai 2

Perhitungan radius sel menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} L_{FSL} &= 20 \log f \text{ (MHz)} + 20 \log d \text{ (Km)} + 32,45 \\ &= 20 \log (1800) + 20 \log d + 32,45 \\ &= 97.56 + 20 \log (d) \end{aligned}$$

Kemudian menghitung radius menggunakan perhitungan berdasarkan rumus model propagasi Cost 231 *Multi Wall* :

$$PL_{mw} = L_{fsl} + L_c \sum_{i=1}^M L_{wi}.n_{wi} + L_f n_f^{\frac{nf+2}{nf+1} b}$$

$$194,8 = 97,56 + 20 \log d + 136,04 + 0$$

$$194,8 = 233,4 + 20 \log d$$

$$-38,6 = 20 \log d$$

$$-1,930 = \log d$$

$$d = 11,74 \text{ meter}$$

Sehingga luas selnya :

$$\begin{aligned} L &= 2,6 \times d^2 \\ &= 2,6 \times (11,74)^2 \\ &= 2,6 \times 137,82 \\ &= 358,35 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Yang terakhir menghitung jumlah *Femtocell Access Point* (FAP) yang dibutuhkan dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah FAP} &= \frac{\text{Luas Area}}{\text{Luas Cakupan Sel}} \\ &= \frac{560}{358,35} \\ &= 1,56 \\ &\approx 2 \text{ FAP} \end{aligned}$$

3. Perhitungan Jumlah FAP Pada Lantai 3

Perhitungan radius sel menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} L_{FSL} &= 20 \log f \text{ (MHz)} + 20 \log d \text{ (Km)} + 32,45 \\ &= 20 \log (1800) + 20 \log d + 32,45 \\ &= 97.56 + 20 \log (d) \end{aligned}$$

Kemudian menghitung radius menggunakan perhitungan berdasarkan rumus model propagasi Cost 231 *Multi Wall* :

$$\begin{aligned} PL_{mw} &= L_{fsl} + L_c \sum_{i=1}^M L_{wi} \cdot n_{wi} + L_f n_f \frac{nf+2}{nf+1} b \\ 186,4 &= 97,56 + 20 \log d + 126,64 + 0 \\ 186,4 &= 224,2 + 20 \log d \\ -37,8 &= 20 \log d \\ -1,89 &= \log d \\ d &= 12,88 \text{ meter} \end{aligned}$$

Sehingga luas selnya :

$$\begin{aligned} L &= 2,6 \times d^2 \\ &= 2,6 \times (12,88)^2 \\ &= 2,6 \times 165,89 \\ &= 431,31 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Yang terakhir menghitung jumlah *Femtocell Access Point* (FAP) yang dibutuhkan dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah FAP} &= \frac{\text{Luas Area}}{\text{Luas Cakupan Sel}} \\ &= \frac{560}{431,31} \\ &= 1,3 \\ &\approx 2 \text{ FAP} \end{aligned}$$

D. Perhitungan OBQ (*Offered Bit Quantity*)

Pada perhitungan OBQ misalkan sebagai berikut:

$$\sigma = 1 \text{ pengguna/m}^2$$

$$\rho = 100\%$$

$$d = 30 \text{ detik}$$

$$BHCA = 65 \text{ panggilan/detik}$$

$$Bw = 5120 \text{ Kbps/m}^2$$

Berikut adalah hasil perhitungannya:

$$\begin{aligned} \sum OBQ &= \frac{\sigma * \rho * d * BHCA * BW}{3600} \\ &= \frac{1 * 100\% * 30 * 65 * 5120}{3600} \\ &= 2773,3 \text{ Kbps/m}^2 \end{aligned}$$

E. Perhitungan Nilai Beta

Pada penelitian ini di gunakan 3 iterasi yang berbeda yaitu iterasi 50, 75 dan 100. Kemudian ditetapkan nilai beta maksimum sebesar 1 dan nilai beta minimum sebesar 0,3. Berikut adalah perhitungan nilai beta dari masing-masing iterasi:

1. Iterasi 50

$$\beta(t) = \beta_{max} \frac{(\beta_{max} - \beta_{min})}{iterasi \ max} * iterasi(t)$$

$$\beta(t) = 1 - \frac{(1 - 0,3)}{50} * 50(t)$$

$$\beta(t) = 1 - \frac{(0,7)}{50} * 50(t)$$

$$\beta(t) = 1 - 0,014 * 50(t)$$

$$\beta(t) = 1 - 0,7(t)$$

$$\beta(t) = 0,3(t)$$

2. Iterasi 75

$$\beta(t) = \beta_{max} \frac{(\beta_{max} - \beta_{min})}{iterasi\ max} * iterasi(t)$$

$$\beta(t) = 1 - \frac{(1 - 0,3)}{75} * 75(t)$$

$$\beta(t) = 1 - \frac{(0,7)}{75} * 75(t)$$

$$\beta(t) = 1 - 0,0093 * 75(t)$$

$$\beta(t) = 1 - 0,69(t)$$

$$\beta(t) = 0,31(t)$$

3. Iterasi 100

$$\beta(t) = \beta_{max} \frac{(\beta_{max} - \beta_{min})}{iterasi\ max} * iterasi(t)$$

$$\beta(t) = 1 - \frac{(1 - 0,3)}{100} * 100(t)$$

$$\beta(t) = 1 - \frac{(0,7)}{100} * 100(t)$$

$$\beta(t) = 1 - 0,07 * 100(t)$$

$$\beta(t) = 1 - 0,7(t)$$

$$\beta(t) = 0,3(t)$$

F. Data Hasil Simulasi RPS 5.4

1. Data Hasil Simulasi RPS 5.4 Skenario Ke-1

Tabel Data Coverage Skenario Ke-1

<i>(Composite) Coverage [dBm]</i>	<i>Relative Frequency</i>	<i>CDF</i>
-65	0	0
-64.49	0.004878048780488	0.004878048780488
-63.98	0.003252032520325	0.008130081300813
-63.47	0.008130081300813	0.01626016260163
-62.96	0.00650406504065	0.02276422764228
-62.45	0.003252032520325	0.0260162601626
-61.94	0.00650406504065	0.03252032520325
-61.43	0.003252032520325	0.03577235772358
-60.92	0.004878048780488	0.04065040650407
-60.41	0	0.04065040650407
-59.9	0.003252032520325	0.04390243902439
-59.39	0.001626016260163	0.04552845528455
-58.88	0.001626016260163	0.04715447154472
-58.37	0.00650406504065	0.05365853658537
-57.86	0.004878048780488	0.05853658536585
-57.35	0.00650406504065	0.0650406504065
-56.84	0.01138211382114	0.07642276422764
-56.33	0.001626016260163	0.0780487804878
-55.82	0.00650406504065	0.08455284552846
-55.31	0.001626016260163	0.08617886178862
-54.8	0.01138211382114	0.09756097560976
-54.29	0	0.09756097560976
-53.78	0	0.09756097560976
-53.27	0.008130081300813	0.1056910569106
-52.76	0.001626016260163	0.1073170731707
-52.25	0.003252032520325	0.1105691056911
-51.74	0.00650406504065	0.1170731707317
-51.23	0.001626016260163	0.1186991869919
-50.72	0.004878048780488	0.1235772357724
-50.21	0.004878048780488	0.1284552845528
-49.7	0.01463414634146	0,143089431
-49.19	0.003252032520325	0.1463414634146
-48.68	0.01138211382114	0.1577235772358
-48.17	0.003252032520325	0.1609756097561
-47.66	0.01463414634146	0.1756097560976
-47.15	0.00650406504065	0.1821138211382
-46.64	0.009756097560976	0.1918699186992

-46.13	0.01626016260163	0.2081300813008
-45.62	0.0130081300813	0.2211382113821
-45.11	0.01463414634146	0.2357723577236
-44.6	0.0130081300813	0.2487804878049
-44.09	0.02113821138211	0.269918699187
-43.58	0.02113821138211	0.2910569105691
-43.07	0.01788617886179	0.3089430894309
-42.56	0.02276422764228	0.3317073170732
-42.05	0.0130081300813	0.3447154471545
-41.54	0.01463414634146	0.3593495934959
-41.03	0.01626016260163	0.3756097560976
-40.52	0.0130081300813	0.3886178861789
-40.01	0.01626016260163	0.4048780487805
-39.5	0.01951219512195	0.4243902439024
-38.99	0.01463414634146	0.4390243902439
-38.48	0.01463414634146	0.4536585365854
-37.97	0.01626016260163	0.469918699187
-37.46	0.0260162601626	0.4959349593496
-36.95	0.02113821138211	0.5170731707317
-36.44	0.02276422764228	0.539837398374
-35.93	0.03252032520325	0.5723577235772
-35.42	0.0260162601626	0.5983739837398
-34.91	0.02439024390244	0.6227642276423
-34.4	0.02764227642276	0.650406504065
-33.89	0.0260162601626	0.6764227642276
-33.38	0.02764227642276	0.7040650406504
-32.87	0.02926829268293	0.7333333333333
-32.36	0.02113821138211	0.7544715447154
-31.85	0.0260162601626	0.780487804878
-31.34	0.01463414634146	0.7951219512195
-30.83	0.01138211382114	0.8065040650407
-30.32	0.02439024390244	0.8308943089431
-29.81	0.01463414634146	0.8455284552846
-29.3	0.01951219512195	0.8650406504065
-28.79	0.009756097560976	0.8747967479675
-28.28	0.009756097560976	0.8845528455285
-27.77	0.01138211382114	0.8959349593496
-27.26	0.01138211382114	0.9073170731707
-26.75	0.008130081300813	0.9154471544715
-26.24	0.008130081300813	0.9235772357724
-25.73	0.00650406504065	0.930081300813
-25.22	0.004878048780488	0.9349593495935

-24.71	0.004878048780488	0.939837398374
-24.2	0.003252032520325	0.9430894308943
-23.69	0.004878048780488	0.9479674796748
-23.18	0.004878048780488	0.9528455284553
-22.67	0.003252032520325	0.9560975609756
-22.16	0.003252032520325	0.9593495934959
-21.65	0.003252032520325	0.9626016260163
-21.14	0.00650406504065	0.9691056910569
-20.63	0.001626016260163	0.9707317073171
-20.12	0.001626016260163	0.9723577235772
-19.61	0.003252032520325	0,975609756
-19.1	0.003252032520325	0.9788617886179
-18.59	0	0.9788617886179
-18.08	0.003252032520325	0.9821138211382
-17.57	0	0.9821138211382
-17.06	0.003252032520325	0.9853658536585
-16.55	0.00650406504065	0.9918699186992
-16.04	0.003252032520325	0.9951219512195
-15.53	0.003252032520325	0.9983739837398
-15.02	0	0.9983739837398
-14.51	0.001626016260163	1
-13.49 s/d -14	0	1

Tabel Data SIR Skenario Ke-1

<i>Signal to Interference Ratio [dB]</i>	<i>Relative Frequency</i>	<i>CDF</i>
0	0.001626016260163	0,001626016
0.73	0.01626016260163	0.01788617886179
1.46	0.004878048780488	0.02276422764228
2.19	0.01138211382114	0.03414634146341
2.92	0.01788617886179	0.0520325203252
3.65	0.00650406504065	0.05853658536585
4.38	0.01626016260163	0.07479674796748
5.11	0.00650406504065	0.08130081300813
5.84	0.01138211382114	0.09268292682927
6.57	0.009756097560976	0.1024390243902
7.3	0.004878048780488	0,107317073
8.03	0.01951219512195	0.1268292682927
8.76	0.00650406504065	0.13333333333333
9.49	0.01138211382114	0.1447154471545
10.22	0.02276422764228	0.1674796747967
10.95	0.01138211382114	0.1788617886179

11.68	0.01138211382114	0.190243902439
12.41	0.0130081300813	0.2032520325203
13.14	0.0130081300813	0.2162601626016
13.87	0.009756097560976	0.2260162601626
14.6	0.009756097560976	0.2357723577236
15.33	0.01788617886179	0,253658537
16.06	0.00650406504065	0.260162601626
16.79	0.004878048780488	0.2650406504065
17.52	0.009756097560976	0.2747967479675
18.25	0.009756097560976	0.2845528455285
18.98	0.00650406504065	0.2910569105691
19.71	0.009756097560976	0.3008130081301
20.44	0.01138211382114	0.3121951219512
21.17	0.009756097560976	0.3219512195122
21.9	0.01138211382114	0.3333333333333
22.63	0.0130081300813	0.3463414634146
23.36	0.01626016260163	0.3626016260163
24.09	0.01138211382114	0.3739837398374
24.82	0.0130081300813	0.3869918699187
25.55	0.01138211382114	0.3983739837398
26.28	0.0130081300813	0.4113821138211
27.01	0.01138211382114	0.4227642276423
27.74	0.008130081300813	0.4308943089431
28.47	0.0130081300813	0.4439024390244
29.2	0.01626016260163	0.460162601626
29.93	0.01138211382114	0,471544715
30.66	0.01463414634146	0.4861788617886
31.39	0.009756097560976	0.4959349593496
32.12	0.009756097560976	0.5056910569106
32.85	0.009756097560976	0.5154471544715
33.58	0.01788617886179	0.5333333333333
34.31	0.004878048780488	0.5382113821138
35.04	0.008130081300813	0.5463414634146
35.77	0.00650406504065	0.5528455284553
36.5	0.00650406504065	0.5593495934959
37.23	0.008130081300813	0.5674796747967
37.96	0.00650406504065	0.5739837398374
38.69	0.00650406504065	0.580487804878
39.42	0.00650406504065	0.5869918699187
40.15	0.00650406504065	0.5934959349593
40.88	0.01463414634146	0.6081300813008
41.61	0.0130081300813	0.6211382113821

42.34	0.008130081300813	0.6292682926829
43.07	0.01138211382114	0.6406504065041
43.8	0.01788617886179	0.6585365853659
44.53	0.01951219512195	0.6780487804878
45.26	0.02113821138211	0.6991869918699
45.99	0.01463414634146	0.7138211382114
46.72	0.009756097560976	0.7235772357724
47.45	0.0130081300813	0.7365853658537
48.18	0.009756097560976	0.7463414634146
48.91	0.01788617886179	0.7642276422764
49.64	0.0130081300813	0.7772357723577
50.37	0.01463414634146	0.7918699186992
51.1	0.00650406504065	0.7983739837398
51.83	0.009756097560976	0.8081300813008
52.56 s/d 53.29	0	0.8081300813008
54.02	0.003252032520325	0.8113821138211
54.75	0.001626016260163	0.8130081300813
55.48	0.004878048780488	0.8178861788618
56.21	0.00650406504065	0.8243902439024
56.94	0.008130081300813	0.8325203252033
57.67	0.008130081300813	0.8406504065041
58.4	0.00650406504065	0.8471544715447
59.13	0.009756097560976	0.8569105691057
59.86	0.00650406504065	0.8634146341463
60.59	0.009756097560976	0.8731707317073
61.32	0.0130081300813	0.8861788617886
62.05	0.01626016260163	0.9024390243902
62.78	0.009756097560976	0.9121951219512
63.51	0.01138211382114	0.9235772357724
64.24	0.00650406504065	0.930081300813
64.97	0.01138211382114	0.9414634146341
65.7	0.01138211382114	0.9528455284553
66.43	0.00650406504065	0.9593495934959
67.16	0.009756097560976	0.9691056910569
67.89	0.01138211382114	0.980487804878
68.62	0.00650406504065	0.9869918699187
69.35	0.001626016260163	0.9886178861789
70.08	0	0.9886178861789
70.81	0.00650406504065	0.9951219512195
71.54	0.001626016260163	0.9967479674797
72.27	0.003252032520325	1
73.73 s/d 73	0	1

2. Data Hasil Simulasi RPS 5.4 Skenario Ke-2

Tabel Data Coverage Skenario Ke-2

<i>(Composite) Coverage [dBm]</i>	<i>Relative Frequency</i>	<i>CDF</i>
-64	0	0
-63.5	0.001626016260163	0.001626016260163
-63	0.001626016260163	0.003252032520325
-62.5	0.003252032520325	0.00650406504065
-62	0.003252032520325	0.009756097560976
-61.5	0.004878048780488	0.01463414634146
-61	0.003252032520325	0.01788617886179
-60.5	0.003252032520325	0.02113821138211
-60	0.003252032520325	0.02439024390244
-59.5	0.003252032520325	0.02764227642276
-59	0.001626016260163	0.02926829268293
-58.5	0.003252032520325	0.03252032520325
-58	0.00650406504065	0.0390243902439
-57.5	0.00650406504065	0.04552845528455
-57	0.004878048780488	0.05040650406504
-56.5	0.0130081300813	0.06341463414634
-56	0.00650406504065	0.06991869918699
-55.5	0.008130081300813	0.0780487804878
-55	0.008130081300813	0.08617886178862
-54.5	0.008130081300813	0.09430894308943
-54	0.008130081300813	0.1024390243902
-53.5	0.004878048780488	0.1073170731707
-53	0.003252032520325	0.1105691056911
-52.5	0.001626016260163	0.1121951219512
-52	0.004878048780488	0.1170731707317
-51.5	0.001626016260163	0.1186991869919
-51	0.003252032520325	0.1219512195122
-50.5	0	0.1219512195122
-50	0.004878048780488	0.1268292682927
-49.5	0.001626016260163	0.128455285
-49	0.001626016260163	0.130081300813
-48.5	0.003252032520325	0.13333333333333
-48	0.003252032520325	0.1365853658537
-47.5	0.001626016260163	0.1382113821138
-47	0.00650406504065	0.1447154471545
-46.5	0.00650406504065	0.1512195121951
-46	0.01463414634146	0.1658536585366
-45.5	0.01788617886179	0.1837398373984
-45	0.02439024390244	0.2081300813008

-44.5	0.02113821138211	0.2292682926829
-44	0.02439024390244	0.2536585365854
-43.5	0.02276422764228	0.2764227642276
-43	0.03252032520325	0.3089430894309
-42.5	0.02113821138211	0.330081300813
-42	0.01951219512195	0.349593495935
-41.5	0.0260162601626	0.3756097560976
-41	0.01138211382114	0.3869918699187
-40.5	0.0130081300813	0.4
-40	0.01463414634146	0.4146341463415
-39.5	0.009756097560976	0.4243902439024
-39	0.00650406504065	0.4308943089431
-38.5	0.008130081300813	0.4390243902439
-38	0.01626016260163	0.4552845528455
-37.5	0.01138211382114	0.4666666666667
-37	0.01788617886179	0.4845528455285
-36.5	0.02276422764228	0.5073170731707
-36	0.01463414634146	0.5219512195122
-35.5	0.03089430894309	0.5528455284553
-35	0.02926829268293	0.5821138211382
-34.5	0.02926829268293	0.6113821138211
-34	0.01626016260163	0.6276422764228
-33.5	0.04065040650407	0.6682926829268
-33	0.02439024390244	0.6926829268293
-32.5	0.02764227642276	0.720325203252
-32	0.0260162601626	0.7463414634146
-31.5	0.0260162601626	0.7723577235772
-31	0.01626016260163	0.7886178861789
-30.5	0.0130081300813	0.8016260162602
-30	0.0260162601626	0.8276422764228
-29.5	0.01463414634146	0.8422764227642
-29	0.01138211382114	0.8536585365854
-28.5	0.01463414634146	0.8682926829268
-28	0.008130081300813	0.8764227642276
-27.5	0.0130081300813	0.8894308943089
-27	0.009756097560976	0.8991869918699
-26.5	0.009756097560976	0.9089430894309
-26	0.003252032520325	0.9121951219512
-25.5	0.009756097560976	0.9219512195122
-25	0	0.9219512195122
-24.5	0.008130081300813	0.930081300813
-24	0.004878048780488	0.9349593495935

-23.5	0.004878048780488	0.939837398374
-23	0.004878048780488	0.9447154471545
-22.5	0.004878048780488	0.949593495935
-22	0.009756097560976	0.9593495934959
-21.5	0	0.9593495934959
-21	0	0.9593495934959
-20.5	0.004878048780488	0.9642276422764
-20	0.004878048780488	0.9691056910569
-19.5	0.001626016260163	0,970731707
-19	0.001626016260163	0.9723577235772
-18.5	0.003252032520325	0.9756097560976
-18	0.009756097560976	0.9853658536585
-17.5	0	0.9853658536585
-17	0	0.9853658536585
-16.5	0	0.9853658536585
-16	0.004878048780488	0.990243902439
-15.5	0.00650406504065	0.9967479674797
-15	0.003252032520325	1
-14.5 s/d -13.5	0	1

Tabel Data SIR Skenario Ke-2

<i>Signal to Interference Ratio [dB]</i>	<i>Relative Frequency</i>	<i>CDF</i>
0	0.001626016260163	0,001626016
0.8	0.01788617886179	0.01951219512195
1.6	0.00650406504065	0.0260162601626
2.4	0.01463414634146	0.04065040650407
3.2	0.01788617886179	0.05853658536585
4	0.0130081300813	0.07154471544715
4.8	0.008130081300813	0.07967479674797
5.6	0.003252032520325	0.08292682926829
6.4	0.004878048780488	0.08780487804878
7.2	0.004878048780488	0,092682927
8	0.00650406504065	0.09918699186992
8.8	0.0130081300813	0.1121951219512
9.6	0.01951219512195	0.1317073170732
10.4	0.02276422764228	0.1544715447154
11.2	0.02764227642276	0.1821138211382
12	0.01138211382114	0.1934959349593
12.8	0.01788617886179	0.2113821138211
13.6	0.01463414634146	0.2260162601626
14.4	0.0130081300813	0.2390243902439

15.2	0.01463414634146	0,253658537
16	0.009756097560976	0.2634146341463
16.8	0.01138211382114	0.2747967479675
17.6	0.009756097560976	0.2845528455285
18.4	0.01463414634146	0.2991869918699
19.2	0.009756097560976	0.3089430894309
20	0.009756097560976	0.3186991869919
20.8	0.01626016260163	0.3349593495935
21.6	0.009756097560976	0.3447154471545
22.4	0.009756097560976	0.3544715447154
23.2	0.01626016260163	0.3707317073171
24	0.02439024390244	0.3951219512195
24.8	0.01788617886179	0.4130081300813
25.6	0.02276422764228	0.4357723577236
26.4	0.02113821138211	0.4569105691057
27.2	0.01138211382114	0.4682926829268
28	0.01138211382114	0.479674796748
28.8	0.01788617886179	0.4975609756098
29.6	0.01626016260163	0,513821138
30.4	0.008130081300813	0.5219512195122
31.2	0.01463414634146	0.5365853658537
32	0.00650406504065	0.5430894308943
32.8	0.01138211382114	0.5544715447154
33.6	0.0130081300813	0.5674796747967
34.4	0.009756097560976	0.5772357723577
35.2	0.009756097560976	0.5869918699187
36	0.00650406504065	0.5934959349593
36.8	0.004878048780488	0.5983739837398
37.6	0.003252032520325	0.6016260162602
38.4	0.004878048780488	0.6065040650407
39.2	0.008130081300813	0.6146341463415
40	0.00650406504065	0.6211382113821
40.8	0.01138211382114	0.6325203252033
41.6	0.0130081300813	0.6455284552846
42.4	0.01463414634146	0.660162601626
43.2	0.009756097560976	0.669918699187
44	0.01463414634146	0.6845528455285
44.8	0.01463414634146	0.6991869918699
45.6	0.001626016260163	0.7008130081301
46.4	0.008130081300813	0.7089430894309
47.2	0.008130081300813	0.7170731707317
48	0.01951219512195	0.7365853658537

48.8	0.01463414634146	0.7512195121951
49.6	0.01138211382114	0.7626016260163
50.4	0.004878048780488	0.7674796747967
51.2	0.001626016260163	0.7691056910569
52	0.003252032520325	0.7723577235772
52.8	0	0.7723577235772
53.6	0.001626016260163	0.7739837398374
54.4	0	0.7739837398374
55.2	0.001626016260163	0.7756097560976
56	0.00650406504065	0.7821138211382
56.8	0.003252032520325	0.7853658536585
57.6	0.009756097560976	0.7951219512195
58.4	0.009756097560976	0.8048780487805
59.2	0.00650406504065	0.8113821138211
60	0.01788617886179	0.8292682926829
60.8	0.02113821138211	0.850406504065
61.6	0.0260162601626	0.8764227642276
62.4	0.01626016260163	0.8926829268293
63.2	0.01951219512195	0.9121951219512
64	0.009756097560976	0.9219512195122
64.8	0.01138211382114	0.9333333333333
65.6	0.01138211382114	0.9447154471545
66.4	0.009756097560976	0.9544715447154
67.2	0.008130081300813	0.9626016260163
68	0.009756097560976	0.9723577235772
68.8	0	0.9723577235772
69.6	0.004878048780488	0.9772357723577
70.4	0.004878048780488	0.9821138211382
71.2	0	0.9821138211382
72	0.00650406504065	0.9886178861789
72.8	0.004878048780488	0.9934959349593
73.6	0	0.9934959349593
74.4	0.001626016260163	0.9951219512195
75.2	0	0.9951219512195
76	0	0.9951219512195
76.8	0.001626016260163	0.9967479674797
77.6	0	0.9967479674797
78.4	0	0.9967479674797
79.2	0.001626016260163	0.9983739837398
80	0.001626016260163	1
80.8	0	1

3. Data Hasil Simulasi RPS 5.4 Skenario Ke-3

Tabel Data Coverage Skenario Ke-3

<i>(Composite) Coverage [dBm]</i>	<i>Relative Frequency</i>	<i>CDF</i>
-65	0	0
-64.49	0.001626016260163	0.001626016260163
-63.98	0	0.001626016260163
-63.47	0.009756097560976	0.01138211382114
-62.96	0.004878048780488	0.01626016260163
-62.45	0.00650406504065	0.02276422764228
-61.94	0.00650406504065	0.02926829268293
-61.43	0.00650406504065	0.03577235772358
-60.92	0.004878048780488	0.04065040650407
-60.41	0.001626016260163	0.04227642276423
-59.9	0.00650406504065	0.04878048780488
-59.39	0	0.04878048780488
-58.88	0	0.04878048780488
-58.37	0.001626016260163	0.05040650406504
-57.86	0.003252032520325	0.05365853658537
-57.35	0.008130081300813	0.06178861788618
-56.84	0.01138211382114	0.07317073170732
-56.33	0.01626016260163	0.08943089430894
-55.82	0.0130081300813	0.1024390243902
-55.31	0.01138211382114	0.1138211382114
-54.8	0.01626016260163	0.130081300813
-54.29	0.001626016260163	0.1317073170732
-53.78	0.00650406504065	0.1382113821138
-53.27	0.008130081300813	0.1463414634146
-52.76	0.001626016260163	0.1479674796748
-52.25	0.004878048780488	0.1528455284553
-51.74	0.008130081300813	0.1609756097561
-51.23	0.001626016260163	0.1626016260163
-50.72	0.003252032520325	0.1658536585366
-50.21	0.004878048780488	0.1707317073171
-49.7	0.004878048780488	0,175609756
-49.19	0	0.1756097560976
-48.68	0.004878048780488	0.180487804878
-48.17	0.003252032520325	0.1837398373984
-47.66	0.003252032520325	0.1869918699187
-47.15	0.003252032520325	0.190243902439
-46.64	0.00650406504065	0.1967479674797
-46.13	0.00650406504065	0.2032520325203
-45.62	0.009756097560976	0.2130081300813

-45.11	0.009756097560976	0.2227642276423
-44.6	0.01138211382114	0.2341463414634
-44.09	0.01138211382114	0.2455284552846
-43.58	0.01463414634146	0.260162601626
-43.07	0.01463414634146	0.2747967479675
-42.56	0.0130081300813	0.2878048780488
-42.05	0.01138211382114	0.2991869918699
-41.54	0.01626016260163	0.3154471544715
-41.03	0.01626016260163	0.3317073170732
-40.52	0.0130081300813	0.3447154471545
-40.01	0.0130081300813	0.3577235772358
-39.5	0.009756097560976	0.3674796747967
-38.99	0.009756097560976	0.3772357723577
-38.48	0.01138211382114	0.3886178861789
-37.97	0.01788617886179	0.4065040650407
-37.46	0.01626016260163	0.4227642276423
-36.95	0.03089430894309	0.4536585365854
-36.44	0.02926829268293	0.4829268292683
-35.93	0.0260162601626	0.5089430894309
-35.42	0.03739837398374	0.5463414634146
-34.91	0.0260162601626	0.5723577235772
-34.4	0.03414634146341	0.6065040650407
-33.89	0.03414634146341	0.6406504065041
-33.38	0.02764227642276	0.6682926829268
-32.87	0.03089430894309	0.6991869918699
-32.36	0.02926829268293	0.7284552845528
-31.85	0.02764227642276	0.7560975609756
-31.34	0.02113821138211	0.7772357723577
-30.83	0.01951219512195	0.7967479674797
-30.32	0.01788617886179	0.8146341463415
-29.81	0.01463414634146	0.8292682926829
-29.3	0.01788617886179	0.8471544715447
-28.79	0.0130081300813	0.860162601626
-28.28	0.01463414634146	0.8747967479675
-27.77	0.00650406504065	0.8813008130081
-27.26	0.01138211382114	0.8926829268293
-26.75	0.004878048780488	0.8975609756098
-26.24	0.0130081300813	0.9105691056911
-25.73	0.00650406504065	0.9170731707317
-25.22	0.009756097560976	0.9268292682927
-24.71	0.003252032520325	0.930081300813
-24.2	0.008130081300813	0.9382113821138

-23.69	0.001626016260163	0.939837398374
-23.18	0.001626016260163	0.9414634146341
-22.67	0.009756097560976	0.9512195121951
-22.16	0.001626016260163	0.9528455284553
-21.65	0.003252032520325	0.9560975609756
-21.14	0.004878048780488	0.9609756097561
-20.63	0.004878048780488	0.9658536585366
-20.12	0	0.9658536585366
-19.61	0.003252032520325	0,969105691
-19.1	0.008130081300813	0.9772357723577
-18.59	0.001626016260163	0.9788617886179
-18.08	0	0.9788617886179
-17.57	0.004878048780488	0.9837398373984
-17.06	0.001626016260163	0.9853658536585
-16.55	0.004878048780488	0.990243902439
-16.04	0.001626016260163	0.9918699186992
-15.53	0.001626016260163	0.9934959349593
-15.02	0.004878048780488	0.9983739837398
-14.51	0.001626016260163	1
-14	0	1
-13.49	0	1

Tabel Data SIR Skenario Ke-3

<i>Signal to Interference Ratio [dB]</i>	<i>Relative Frequency</i>	<i>CDF</i>
0	0.003252032520325	0,003252033
0.79	0.01788617886179	0.02113821138211
1.58	0.01951219512195	0.04065040650407
2.37	0.0130081300813	0.05365853658537
3.16	0.01138211382114	0.0650406504065
3.95	0.008130081300813	0.07317073170732
4.74	0.008130081300813	0.08130081300813
5.53	0.003252032520325	0.08455284552846
6.32	0.01138211382114	0.09593495934959
7.11	0.008130081300813	0.1040650406504
7.9	0.01463414634146	0,118699187
8.69	0.01463414634146	0.13333333333333
9.48	0.02439024390244	0.1577235772358
10.27	0.0260162601626	0.1837398373984
11.06	0.01463414634146	0.1983739837398
11.85	0.01626016260163	0.2146341463415
12.64	0.008130081300813	0.2227642276423

13.43	0.008130081300813	0.2308943089431
14.22	0.009756097560976	0.2406504065041
15.01	0.008130081300813	0.2487804878049
15.8	0.00650406504065	0,255284553
16.59	0.0130081300813	0.2682926829268
17.38	0.01626016260163	0.2845528455285
18.17	0.004878048780488	0.2894308943089
18.96	0.02926829268293	0.3186991869919
19.75	0.02764227642276	0.3463414634146
20.54	0.0260162601626	0.3723577235772
21.33	0.0260162601626	0.3983739837398
22.12	0.01788617886179	0.4162601626016
22.91	0.01626016260163	0.4325203252033
23.7	0.01788617886179	0.450406504065
24.49	0.01463414634146	0.4650406504065
25.28	0.01138211382114	0.4764227642276
26.07	0.01138211382114	0.4878048780488
26.86	0.009756097560976	0.4975609756098
27.65	0.01626016260163	0.5138211382114
28.44	0.00650406504065	0.520325203252
29.23	0.01626016260163	0,536585366
30.02	0.008130081300813	0.5447154471545
30.81	0.001626016260163	0.5463414634146
31.6	0.004878048780488	0.5512195121951
32.39	0	0.5512195121951
33.18	0.001626016260163	0.5528455284553
33.97	0.004878048780488	0.5577235772358
34.76	0.001626016260163	0.5593495934959
35.55	0.004878048780488	0.5642276422764
36.34	0.0130081300813	0.5772357723577
37.13	0.008130081300813	0.5853658536585
37.92	0.01138211382114	0.5967479674797
38.71	0.008130081300813	0.6048780487805
39.5	0.01626016260163	0.6211382113821
40.29	0.01951219512195	0.6406504065041
41.08	0.009756097560976	0.650406504065
41.87	0.0130081300813	0.6634146341463
42.66	0.02439024390244	0.6878048780488
43.45	0.02439024390244	0.7121951219512
44.24	0.01626016260163	0.7284552845528
45.03	0.008130081300813	0.7365853658537
45.82	0.0130081300813	0.749593495935

46.61	0.004878048780488	0.7544715447154
47.4	0.009756097560976	0.7642276422764
48.19	0.008130081300813	0.7723577235772
48.98	0.003252032520325	0.7756097560976
49.77	0.00650406504065	0.7821138211382
50.56	0.003252032520325	0.7853658536585
51.35	0.003252032520325	0.7886178861789
52.14	0.001626016260163	0.790243902439
52.93	0.001626016260163	0.7918699186992
53.72	0.003252032520325	0.7951219512195
54.51	0	0.7951219512195
55.3	0.001626016260163	0.7967479674797
56.09	0.001626016260163	0.7983739837398
56.88	0.001626016260163	0.8
57.67	0	0.8
58.46	0.003252032520325	0.8032520325203
59.25	0.003252032520325	0.8065040650407
60.04	0.00650406504065	0.8130081300813
60.83	0.0130081300813	0.8260162601626
61.62	0.0130081300813	0.8390243902439
62.41	0.009756097560976	0.8487804878049
63.2	0.0130081300813	0.8617886178862
63.99	0.01951219512195	0.8813008130081
64.78	0.01626016260163	0.8975609756098
65.57	0.01788617886179	0.9154471544715
66.36	0.01463414634146	0.930081300813
67.15	0.01138211382114	0.9414634146341
67.94	0.01463414634146	0.9560975609756
68.73	0.009756097560976	0.9658536585366
69.52	0.00650406504065	0.9723577235772
70.31	0.00650406504065	0.9788617886179
71.1	0.00650406504065	0.9853658536585
71.89	0.004878048780488	0.990243902439
72.68	0.001626016260163	0.9918699186992
73.47	0.001626016260163	0.9934959349593
74.26	0	0.9934959349593
75.05	0.001626016260163	0.9951219512195
75.84	0	0.9951219512195
76.63	0.003252032520325	0.9983739837398
77.42	0	0.9983739837398
78.21	0.001626016260163	1
79 s/d 79.9	0	1

4. Data Hasil Simulasi RPS 5.4 Skenario Ke-4

Tabel Data Coverage Skenario Ke-4

(Composite) Coverage [dBm]	Relative Frequency	CDF
-82	0.003252032520325	0,003252033
-81.64	0.003252032520325	0.00650406504065
-81.28	0.001626016260163	0.008130081300813
-80.92	0.004878048780488	0.0130081300813
-80.56	0.003252032520325	0.01626016260163
-80.2	0.001626016260163	0.01788617886179
-79.84	0.004878048780488	0.02276422764228
-79.48	0.003252032520325	0.0260162601626
-79.12	0.00650406504065	0.03252032520325
-78.76	0.001626016260163	0.03414634146341
-78.4	0.001626016260163	0.03577235772358
-78.04	0.004878048780488	0.04065040650407
-77.68	0	0.04065040650407
-77.32	0.001626016260163	0.04227642276423
-76.96	0.001626016260163	0.04390243902439
-76.6	0	0.04390243902439
-76.24	0.003252032520325	0.04715447154472
-75.88	0.001626016260163	0.04878048780488
-75.52	0.004878048780488	0.05365853658537
-75.16	0.001626016260163	0.05528455284553
-74.8	0.003252032520325	0.05853658536585
-74.44	0.001626016260163	0.06016260162602
-74.08	0.008130081300813	0.06829268292683
-73.72	0.008130081300813	0.07642276422764
-73.36	0	0.07642276422764
-73	0.004878048780488	0.08130081300813
-72.64	0.003252032520325	0.08455284552846
-72.28	0.001626016260163	0.08617886178862
-71.92	0.001626016260163	0.08780487804878
-71.56	0.003252032520325	0.09105691056911
-71.2	0.008130081300813	0.09918699186992
-70.84	0	0.09918699186992
-70.48	0	0.09918699186992
-70.12	0.00650406504065	0,105691057
-69.76	0.004878048780488	0,110569106
-69.4	0.001626016260163	0.1121951219512
-69.04	0	0.1121951219512
-68.68	0	0.1121951219512
-68.32	0.008130081300813	0.120325203252

-67.96	0.003252032520325	0.1235772357724
-67.6	0.003252032520325	0.1268292682927
-67.24	0.00650406504065	0.1333333333333
-66.88	0.003252032520325	0.1365853658537
-66.52	0.00650406504065	0.1430894308943
-66.16	0.00650406504065	0.149593495935
-65.8	0.004878048780488	0.1544715447154
-65.44	0.008130081300813	0.1626016260163
-65.08	0.008130081300813	0.1707317073171
-64.72	0.001626016260163	0.1723577235772
-64.36	0.004878048780488	0.1772357723577
-64	0.003252032520325	0.180487804878
-63.64	0.00650406504065	0.1869918699187
-63.28	0.008130081300813	0.1951219512195
-62.92	0.00650406504065	0.2016260162602
-62.56	0.01626016260163	0.2178861788618
-62.2	0.00650406504065	0.2243902439024
-61.84	0.01138211382114	0.2357723577236
-61.48	0.008130081300813	0.2439024390244
-61.12	0.008130081300813	0.2520325203252
-60.76	0.01463414634146	0.2666666666667
-60.4	0.01626016260163	0.2829268292683
-60.04	0.01138211382114	0.2943089430894
-59.68	0.01951219512195	0.3138211382114
-59.32	0.01138211382114	0.3252032520325
-58.96	0.01951219512195	0.3447154471545
-58.6	0.0260162601626	0.3707317073171
-58.24	0.02113821138211	0.3918699186992
-57.88	0.01626016260163	0.4081300813008
-57.52	0.009756097560976	0.4178861788618
-57.16	0.008130081300813	0.4260162601626
-56.8	0.004878048780488	0.4308943089431
-56.44	0.009756097560976	0.4406504065041
-56.08	0.01626016260163	0.4569105691057
-55.72	0.01463414634146	0.4715447154472
-55.36	0.01463414634146	0.4861788617886
-55	0.01626016260163	0.5024390243902
-54.64	0.02276422764228	0.5252032520325
-54.28	0.02113821138211	0.5463414634146
-53.92	0.03252032520325	0.5788617886179
-53.56	0.03577235772358	0.6146341463415
-53.2	0.04227642276423	0.6569105691057

-52.84	0.05853658536585	0.7154471544715
-52.48	0.05853658536585	0.7739837398374
-52.12	0.03739837398374	0.8113821138211
-51.76	0.02439024390244	0.8357723577236
-51.4	0.0130081300813	0.8487804878049
-51.04	0.004878048780488	0.8536585365854
-50.68	0.01463414634146	0.8682926829268
-50.32	0.01463414634146	0,882926829
-49.96	0.004878048780488	0,887804878
-49.6	0.00650406504065	0.8943089430894
-49.24	0.01463414634146	0.9089430894309
-48.88	0.003252032520325	0.9121951219512
-48.52	0.009756097560976	0.9219512195122
-48.16	0.01788617886179	0.939837398374
-47.8	0.01463414634146	0.9544715447154
-47.44	0.0130081300813	0.9674796747967
-47.08	0.01951219512195	0.9869918699187
-46.72	0.008130081300813	0.9951219512195
-46.36	0.004878048780488	1
-46	0	1
-45.64	0	1

Tabel Data SIR Skenario Ke-4

Signal to Interference Ratio [dB]	Relative Frequency	CDF
0	0.003252032520325	0,003252033
0.7	0.01138211382114	0.01463414634146
1.4	0.0130081300813	0.02764227642276
2.1	0.009756097560976	0.03739837398374
2.8	0.02113821138211	0.05853658536585
3.5	0.0130081300813	0.07154471544715
4.2	0.0130081300813	0.08455284552846
4.9	0.0130081300813	0.09756097560976
5.6	0.009756097560976	0.1073170731707
6.3	0.02276422764228	0.130081300813
7	0.01138211382114	0.1414634146341
7.7	0.01138211382114	0,152845528
8.4	0.03252032520325	0,185365854
9.1	0.01463414634146	0.2
9.8	0.004878048780488	0.2048780487805
10.5	0.008130081300813	0.2130081300813
11.2	0.004878048780488	0.2178861788618

11.9	0	0.2178861788618
12.6	0.008130081300813	0.2260162601626
13.3	0.02113821138211	0.2471544715447
14	0.03089430894309	0.2780487804878
14.7	0.02439024390244	0.3024390243902
15.4	0.01138211382114	0,313821138
16.1	0.009756097560976	0,323577236
16.8	0.001626016260163	0.3252032520325
17.5	0.008130081300813	0.33333333333333
18.2	0.003252032520325	0.3365853658537
18.9	0.001626016260163	0.3382113821138
19.6	0.004878048780488	0,343089431
20.3	0.003252032520325	0,346341463
21	0.00650406504065	0.3528455284553
21.7	0.00650406504065	0.3593495934959
22.4	0.003252032520325	0.3626016260163
23.1	0.0130081300813	0.3756097560976
23.8	0.01463414634146	0.390243902439
24.5	0.00650406504065	0.3967479674797
25.2	0.01138211382114	0.4081300813008
25.9	0.009756097560976	0.4178861788618
26.6	0.01138211382114	0.4292682926829
27.3	0.009756097560976	0.4390243902439
28	0.0130081300813	0.4520325203252
28.7	0.01463414634146	0.4666666666667
29.4	0.0130081300813	0,479674797
30.1	0.009756097560976	0,489430894
30.8	0.01138211382114	0.5008130081301
31.5	0.01138211382114	0.5121951219512
32.2	0.008130081300813	0.520325203252
32.9	0.01788617886179	0.5382113821138
33.6	0.004878048780488	0.5430894308943
34.3	0.004878048780488	0.5479674796748
35	0.001626016260163	0.549593495935
35.7	0.003252032520325	0.5528455284553
36.4	0.00650406504065	0.5593495934959
37.1	0.008130081300813	0.5674796747967
37.8	0.008130081300813	0.5756097560976
38.5	0.004878048780488	0.580487804878
39.2	0.004878048780488	0.5853658536585
39.9	0.008130081300813	0.5934959349593
40.6	0.01138211382114	0,604878049

41.3	0.009756097560976	0.6146341463415
42	0.004878048780488	0.619512195122
42.7	0.009756097560976	0.6292682926829
43.4	0.01463414634146	0.6439024390244
44.1	0.00650406504065	0.650406504065
44.8	0.01463414634146	0.6650406504065
45.5	0.009756097560976	0.6747967479675
46.2	0.01951219512195	0.6943089430894
46.9	0.01626016260163	0.7105691056911
47.6	0.01626016260163	0.7268292682927
48.3	0.009756097560976	0.7365853658537
49	0.0130081300813	0.749593495935
49.7	0.01138211382114	0,76097561
50.4	0.0130081300813	0,77398374
51.1	0.01138211382114	0.7853658536585
51.8	0.004878048780488	0.790243902439
52.5	0.00650406504065	0.7967479674797
53.2	0.00650406504065	0.8032520325203
53.9	0.001626016260163	0.8048780487805
54.6	0.00650406504065	0.8113821138211
55.3	0.003252032520325	0.8146341463415
56	0.003252032520325	0.8178861788618
56.7	0.001626016260163	0.819512195122
57.4	0	0.819512195122
58.1	0.003252032520325	0.8227642276423
58.8	0.004878048780488	0.8276422764228
59.5	0.009756097560976	0.8373983739837
60.2	0.008130081300813	0.8455284552846
60.9	0.004878048780488	0.850406504065
61.6	0.008130081300813	0.8585365853659
62.3	0.009756097560976	0.8682926829268
63	0.02113821138211	0.8894308943089
63.7	0.01788617886179	0.9073170731707
64.4	0.01951219512195	0.9268292682927
65.1	0.02276422764228	0.949593495935
65.8	0.0130081300813	0.9626016260163
66.5	0.009756097560976	0.9723577235772
67.2	0.009756097560976	0.9821138211382
67.9	0.004878048780488	0.9869918699187
68.6	0.004878048780488	0.9918699186992
69.3	0.008130081300813	1
70 s/d 70.7	0	1

5. Data Hasil Simulasi RPS 5.4 Skenario Ke-5

Tabel Data Coverage Skenario Ke-5

(Composite) Coverage [dBm]	Relative Frequency	CDF
-84	0	0
-83.68	0	0
-83.36	0.001626016260163	0.001626016260163
-83.04	0.003252032520325	0.004878048780488
-82.72	0.004878048780488	0.009756097560976
-82.4	0.004878048780488	0.01463414634146
-82.08	0.004878048780488	0.01951219512195
-81.76	0.003252032520325	0.02276422764228
-81.44	0.00650406504065	0.02926829268293
-81.12	0	0.02926829268293
-80.8	0.001626016260163	0.03089430894309
-80.48	0	0.03089430894309
-80.16	0	0.03089430894309
-79.84	0.001626016260163	0.03252032520325
-79.52	0.003252032520325	0.03577235772358
-79.2	0	0.03577235772358
-78.88	0.003252032520325	0.0390243902439
-78.56	0	0.0390243902439
-78.24	0	0.0390243902439
-77.92	0.003252032520325	0.04227642276423
-77.6	0.004878048780488	0.04715447154472
-77.28	0.01138211382114	0.05853658536585
-76.96	0.00650406504065	0.0650406504065
-76.64	0.0130081300813	0.0780487804878
-76.32	0.009756097560976	0.08780487804878
-76	0.004878048780488	0.09268292682927
-75.68	0.01463414634146	0.1073170731707
-75.36	0.004878048780488	0.1121951219512
-75.04	0.003252032520325	0.1154471544715
-74.72	0.004878048780488	0.120325203252
-74.4	0.003252032520325	0.1235772357724
-74.08	0	0.1235772357724
-73.76	0.004878048780488	0.1284552845528
-73.44	0.004878048780488	0.1333333333333
-73.12	0.001626016260163	0.1349593495935
-72.8	0	0.1349593495935
-72.48	0.003252032520325	0.1382113821138
-72.16	0.001626016260163	0.139837398374
-71.84	0.004878048780488	0.1447154471545

-71.52	0.004878048780488	0.149593495935
-71.2	0.003252032520325	0.1528455284553
-70.88	0.008130081300813	0.1609756097561
-70.56	0.008130081300813	0.1691056910569
-70.24	0.004878048780488	0,17398374
-69.92	0.003252032520325	0,177235772
-69.6	0.00650406504065	0.1837398373984
-69.28	0.01626016260163	0.2
-68.96	0.009756097560976	0.209756097561
-68.64	0.001626016260163	0.2113821138211
-68.32	0.0130081300813	0.2243902439024
-68	0.01626016260163	0.2406504065041
-67.68	0.008130081300813	0.2487804878049
-67.36	0.01788617886179	0.2666666666667
-67.04	0.004878048780488	0.2715447154472
-66.72	0.009756097560976	0.2813008130081
-66.4	0.01463414634146	0.2959349593496
-66.08	0.02276422764228	0.3186991869919
-65.76	0.009756097560976	0.3284552845528
-65.44	0.03739837398374	0.3658536585366
-65.12	0.02439024390244	0.390243902439
-64.8	0.03414634146341	0.4243902439024
-64.48	0.0260162601626	0.450406504065
-64.16	0.01626016260163	0.4666666666667
-63.84	0.02764227642276	0.4943089430894
-63.52	0.001626016260163	0.4959349593496
-63.2	0.02113821138211	0.5170731707317
-62.88	0.01626016260163	0.5333333333333
-62.56	0.0130081300813	0.5463414634146
-62.24	0.004878048780488	0.5512195121951
-61.92	0.01463414634146	0.5658536585366
-61.6	0.02764227642276	0.5934959349593
-61.28	0.01788617886179	0.6113821138211
-60.96	0.01951219512195	0.6308943089431
-60.64	0.01788617886179	0.6487804878049
-60.32	0.0390243902439	0.6878048780488
-60	0.01788617886179	0.7056910569106
-59.68	0.0260162601626	0.7317073170732
-59.36	0.02276422764228	0.7544715447154
-59.04	0.02276422764228	0.7772357723577
-58.72	0.01463414634146	0.7918699186992
-58.4	0.008130081300813	0.8

-58.08	0.00650406504065	0.8065040650407
-57.76	0.008130081300813	0.8146341463415
-57.44	0.008130081300813	0.8227642276423
-57.12	0.01138211382114	0.8341463414634
-56.8	0.0130081300813	0.8471544715447
-56.48	0.01138211382114	0.8585365853659
-56.16	0.01138211382114	0.869918699187
-55.84	0.01463414634146	0.8845528455285
-55.52	0.008130081300813	0.8926829268293
-55.2	0.009756097560976	0.9024390243902
-54.88	0.0130081300813	0.9154471544715
-54.56	0.00650406504065	0.9219512195122
-54.24	0.02276422764228	0.9447154471545
-53.92	0.02764227642276	0.9723577235772
-53.6	0.008130081300813	0.980487804878
-53.28	0.008130081300813	0.9886178861789
-52.96	0.01138211382114	1
-52.64 s/d -51.68	0	1

Tabel Data SIR Skenario Ke-5

Signal to Interference Ratio [dB]	Relative Frequency	CDF
0	0.01138211382114	0,011382114
0.62	0.03252032520325	0.04390243902439
1.24	0.03577235772358	0.07967479674797
1.86	0.02439024390244	0.1040650406504
2.48	0.01138211382114	0.1154471544715
3.1	0.01788617886179	0.13333333333333
3.72	0.008130081300813	0.1414634146341
4.34	0.01626016260163	0.1577235772358
4.96	0.004878048780488	0.1626016260163
5.58	0.01463414634146	0.1772357723577
6.2	0.01463414634146	0.1918699186992
6.82	0.02439024390244	0.2162601626016
7.44	0.04227642276423	0,258536585
8.06	0.0130081300813	0,271544715
8.68	0.01951219512195	0.2910569105691
9.3	0.008130081300813	0.2991869918699
9.92	0.00650406504065	0.3056910569106
10.54	0.004878048780488	0.3105691056911
11.16	0.009756097560976	0.320325203252
11.78	0.01138211382114	0.3317073170732

12.4	0.00650406504065	0.3382113821138
13.02	0.009756097560976	0.3479674796748
13.64	0.004878048780488	0.3528455284553
14.26	0.003252032520325	0.3560975609756
14.88	0.01138211382114	0.3674796747967
15.5	0.003252032520325	0,370731707
16.12	0.004878048780488	0,375609756
16.74	0.00650406504065	0.3821138211382
17.36	0.01138211382114	0.3934959349593
17.98	0.0130081300813	0.4065040650407
18.6	0.003252032520325	0.409756097561
19.22	0.004878048780488	0.4146341463415
19.84	0.004878048780488	0.419512195122
20.46	0.0130081300813	0.4325203252033
21.08	0.009756097560976	0.4422764227642
21.7	0.009756097560976	0.4520325203252
22.32	0.01463414634146	0.4666666666667
22.94	0.01138211382114	0.4780487804878
23.56	0.008130081300813	0.4861788617886
24.18	0.01463414634146	0.5008130081301
24.8	0.008130081300813	0.5089430894309
25.42	0.0130081300813	0.5219512195122
26.04	0.009756097560976	0.5317073170732
26.66	0.00650406504065	0.5382113821138
27.28	0.008130081300813	0.5463414634146
27.9	0.00650406504065	0.5528455284553
28.52	0.003252032520325	0.5560975609756
29.14	0.009756097560976	0.5658536585366
29.76	0.00650406504065	0,572357724
30.38	0.009756097560976	0,582113821
31	0.008130081300813	0.590243902439
31.62	0.004878048780488	0.5951219512195
32.24	0.004878048780488	0.6
32.86	0.00650406504065	0.6065040650407
33.48	0.003252032520325	0.609756097561
34.1	0.004878048780488	0.6146341463415
34.72	0.01788617886179	0.6325203252033
35.34	0.01951219512195	0.6520325203252
35.96	0.01626016260163	0.6682926829268
36.58	0.0130081300813	0.6813008130081
37.2	0.009756097560976	0.6910569105691
37.82	0.008130081300813	0.6991869918699

38.44	0.01138211382114	0.7105691056911
39.06	0.001626016260163	0.7121951219512
39.68	0.008130081300813	0.720325203252
40.3	0.0130081300813	0.73333333333333
40.92	0.01788617886179	0,751219512
41.54	0.01463414634146	0.7658536585366
42.16	0.0130081300813	0.7788617886179
42.78	0.00650406504065	0.7853658536585
43.4	0.003252032520325	0.7886178861789
44.02	0.009756097560976	0.7983739837398
44.64	0	0.7983739837398
45.26	0.001626016260163	0.8
45.88	0	0.8
46.5	0.001626016260163	0.8016260162602
47.12	0.003252032520325	0.8048780487805
47.74	0.003252032520325	0.8081300813008
48.36	0.008130081300813	0.8162601626016
48.98	0.003252032520325	0.819512195122
49.6	0.004878048780488	0.8243902439024
50.22	0.009756097560976	0.8341463414634
50.84	0.008130081300813	0.8422764227642
51.46	0.009756097560976	0.8520325203252
52.08	0.009756097560976	0.8617886178862
52.7	0.003252032520325	0.8650406504065
53.32	0.01626016260163	0.8813008130081
53.94	0.01626016260163	0.8975609756098
54.56	0.02276422764228	0.920325203252
55.18	0.0130081300813	0.93333333333333
55.8	0.00650406504065	0.939837398374
56.42	0.003252032520325	0.9430894308943
57.04	0.00650406504065	0.949593495935
57.66	0.00650406504065	0.9560975609756
58.28	0.0130081300813	0.9691056910569
58.9	0.01138211382114	0.980487804878
59.52	0.00650406504065	0.9869918699187
60.14	0.004878048780488	0.9918699186992
60.76	0	0.9918699186992
61.38	0.00650406504065	0.9983739837398
62	0.001626016260163	1
62.62	0	1

6. Data Hasil Simulasi RPS 5.4 Skenario Ke-6

Tabel Data Coverage Skenario Ke-6

(Composite) Coverage [dBm]	Relative Frequency	CDF
-81	0	0
-80.67	0	0
-80.34	0.001626016260163	0.001626016260163
-80.01	0.001626016260163	0.003252032520325
-79.68	0.001626016260163	0.004878048780488
-79.35	0.001626016260163	0.00650406504065
-79.02	0.003252032520325	0.009756097560976
-78.69	0.001626016260163	0.01138211382114
-78.36	0.00650406504065	0.01788617886179
-78.03	0.001626016260163	0.01951219512195
-77.7	0.001626016260163	0.02113821138211
-77.37	0.003252032520325	0.02439024390244
-77.04	0	0.02439024390244
-76.71	0.001626016260163	0.0260162601626
-76.38	0	0.0260162601626
-76.05	0.001626016260163	0.02764227642276
-75.72	0.001626016260163	0.02926829268293
-75.39	0.001626016260163	0.03089430894309
-75.06	0	0.03089430894309
-74.73	0.00650406504065	0.03739837398374
-74.4	0.001626016260163	0.0390243902439
-74.07	0.008130081300813	0.04715447154472
-73.74	0.008130081300813	0.05528455284553
-73.41	0.01138211382114	0.06666666666667
-73.08	0.01463414634146	0.08130081300813
-72.75	0.008130081300813	0.08943089430894
-72.42	0.01463414634146	0.1040650406504
-72.09	0.008130081300813	0.1121951219512
-71.76	0.004878048780488	0.1170731707317
-71.43	0.001626016260163	0.1186991869919
-71.1	0.001626016260163	0.120325203252
-70.77	0	0.120325203252
-70.44	0.001626016260163	0.1219512195122
-70.11	0	0,12195122
-69.78	0.001626016260163	0,123577236
-69.45	0	0.1235772357724
-69.12	0.003252032520325	0.1268292682927
-68.79	0.004878048780488	0.1317073170732
-68.46	0	0.1317073170732

-68.13	0	0.1317073170732
-67.8	0.003252032520325	0.1349593495935
-67.47	0	0.1349593495935
-67.14	0.01138211382114	0.1463414634146
-66.81	0.003252032520325	0.149593495935
-66.48	0.009756097560976	0.1593495934959
-66.15	0.001626016260163	0.1609756097561
-65.82	0.001626016260163	0.1626016260163
-65.49	0.004878048780488	0.1674796747967
-65.16	0.001626016260163	0.1691056910569
-64.83	0.003252032520325	0.1723577235772
-64.5	0.001626016260163	0.1739837398374
-64.17	0.00650406504065	0.180487804878
-63.84	0.004878048780488	0.1853658536585
-63.51	0.003252032520325	0.1886178861789
-63.18	0.008130081300813	0.1967479674797
-62.85	0.01138211382114	0.2081300813008
-62.52	0.009756097560976	0.2178861788618
-62.19	0.009756097560976	0.2276422764228
-61.86	0.02439024390244	0.2520325203252
-61.53	0.01951219512195	0.2715447154472
-61.2	0.0260162601626	0.2975609756098
-60.87	0.02276422764228	0.320325203252
-60.54	0.0260162601626	0.3463414634146
-60.21	0.01951219512195	0.3658536585366
-59.88	0.0130081300813	0.3788617886179
-59.55	0.004878048780488	0.3837398373984
-59.22	0.001626016260163	0.3853658536585
-58.89	0.009756097560976	0.3951219512195
-58.56	0.00650406504065	0.4016260162602
-58.23	0.001626016260163	0.4032520325203
-57.9	0.004878048780488	0.4081300813008
-57.57	0.01788617886179	0.4260162601626
-57.24	0.02439024390244	0.450406504065
-56.91	0.0130081300813	0.4634146341463
-56.58	0.0260162601626	0.4894308943089
-56.25	0.04715447154472	0.5365853658537
-55.92	0.04390243902439	0.580487804878
-55.59	0.05365853658537	0.6341463414634
-55.26	0.06666666666667	0.7008130081301
-54.93	0.05528455284553	0.7560975609756
-54.6	0.05365853658537	0.809756097561

-54.27	0.03739837398374	0.8471544715447
-53.94	0.01626016260163	0.8634146341463
-53.61	0.001626016260163	0.8650406504065
-53.28	0.01463414634146	0.879674796748
-52.95	0.00650406504065	0.8861788617886
-52.62	0.003252032520325	0.8894308943089
-52.29	0.001626016260163	0.8910569105691
-51.96	0.004878048780488	0.8959349593496
-51.63	0.003252032520325	0.8991869918699
-51.3	0.00650406504065	0.9056910569106
-50.97	0	0.9056910569106
-50.64	0.01463414634146	0.920325203252
-50.31	0.0130081300813	0,933333333
-49.98	0.02113821138211	0,954471545
-49.65	0.01788617886179	0.9723577235772
-49.32	0.01951219512195	0.9918699186992
-48.99	0.004878048780488	0.9967479674797
-48.66	0.003252032520325	1
-48.33	0	1
-48	0	1
-47.67	0	1

Tabel Data SIR Skenario Ke-6

Signal to Interference Ratio [dB]	Relative Frequency	CDF
0	0.00650406504065	0,006504065
0.7	0.02439024390244	0.03089430894309
1.4	0.02439024390244	0.05528455284553
2.1	0.02276422764228	0.0780487804878
2.8	0.02439024390244	0.1024390243902
3.5	0.02764227642276	0.130081300813
4.2	0.01788617886179	0.1479674796748
4.9	0.009756097560976	0.1577235772358
5.6	0.003252032520325	0.1609756097561
6.3	0	0.1609756097561
7	0.001626016260163	0.1626016260163
7.7	0.008130081300813	0,170731707
8.4	0.01138211382114	0,182113821
9.1	0.009756097560976	0.1918699186992
9.8	0.01463414634146	0.2065040650407
10.5	0.01463414634146	0.2211382113821
11.2	0.03577235772358	0.2569105691057

11.9	0.02439024390244	0.2813008130081
12.6	0.01788617886179	0.2991869918699
13.3	0.004878048780488	0.3040650406504
14	0.008130081300813	0.3121951219512
14.7	0.01463414634146	0.3268292682927
15.4	0.01626016260163	0,343089431
16.1	0.004878048780488	0,34796748
16.8	0.01463414634146	0.3626016260163
17.5	0.003252032520325	0.3658536585366
18.2	0.008130081300813	0.3739837398374
18.9	0.004878048780488	0.3788617886179
19.6	0.008130081300813	0.3869918699187
20.3	0.01788617886179	0.4048780487805
21	0.01626016260163	0.4211382113821
21.7	0.01463414634146	0.4357723577236
22.4	0.00650406504065	0.4422764227642
23.1	0.01626016260163	0.4585365853659
23.8	0.003252032520325	0.4617886178862
24.5	0.004878048780488	0.4666666666667
25.2	0.009756097560976	0.4764227642276
25.9	0.01951219512195	0.4959349593496
26.6	0.02276422764228	0.5186991869919
27.3	0.01788617886179	0.5365853658537
28	0.003252032520325	0.539837398374
28.7	0.00650406504065	0.5463414634146
29.4	0	0,546341463
30.1	0.001626016260163	0,54796748
30.8	0.003252032520325	0.5512195121951
31.5	0.004878048780488	0.5560975609756
32.2	0.00650406504065	0.5626016260163
32.9	0.004878048780488	0.5674796747967
33.6	0.008130081300813	0.5756097560976
34.3	0.008130081300813	0.5837398373984
35	0.00650406504065	0.590243902439
35.7	0.01626016260163	0.6065040650407
36.4	0.003252032520325	0.609756097561
37.1	0.00650406504065	0.6162601626016
37.8	0.009756097560976	0.6260162601626
38.5	0.00650406504065	0.6325203252033
39.2	0.009756097560976	0.6422764227642
39.9	0.0130081300813	0.6552845528455
40.6	0.01463414634146	0,669918699

41.3	0.01138211382114	0.6813008130081
42	0.008130081300813	0.6894308943089
42.7	0.01463414634146	0.7040650406504
43.4	0.008130081300813	0.7121951219512
44.1	0.0130081300813	0.7252032520325
44.8	0.009756097560976	0.7349593495935
45.5	0.003252032520325	0.7382113821138
46.2	0.00650406504065	0.7447154471545
46.9	0.01138211382114	0.7560975609756
47.6	0.009756097560976	0.7658536585366
48.3	0.003252032520325	0.7691056910569
49	0.009756097560976	0.7788617886179
49.7	0.008130081300813	0.7869918699187
50.4	0.003252032520325	0.790243902439
51.1	0	0.790243902439
51.8	0.003252032520325	0.7934959349593
52.5	0.004878048780488	0.7983739837398
53.2	0.00650406504065	0.8048780487805
53.9	0	0.8048780487805
54.6	0.001626016260163	0.8065040650407
55.3	0	0.8065040650407
56	0.003252032520325	0.809756097561
56.7	0.008130081300813	0.8178861788618
57.4	0.009756097560976	0.8276422764228
58.1	0.01463414634146	0.8422764227642
58.8	0.01626016260163	0.8585365853659
59.5	0.02276422764228	0.8813008130081
60.2	0.02439024390244	0.9056910569106
60.9	0.0130081300813	0.9186991869919
61.6	0.008130081300813	0.9268292682927
62.3	0.01626016260163	0.9430894308943
63	0.009756097560976	0.9528455284553
63.7	0.01788617886179	0.9707317073171
64.4	0.008130081300813	0.9788617886179
65.1	0.0130081300813	0.9918699186992
65.8	0.004878048780488	0.9967479674797
66.5	0.001626016260163	0.9983739837398
67.2 s/d 69.3	0	0.9983739837398
70	0.001626016260163	1
70.7	0	1

7. Data Hasil Simulasi RPS 5.4 Skenario Ke-7

Tabel Data Coverage Skenario Ke-7

(Composite) Coverage [dBm]	Relative Frequency	CDF
-64	0	0
-63.66	0.001626016260163	0.001626016260163
-63.32	0.001626016260163	0.003252032520325
-62.98	0.001626016260163	0.004878048780488
-62.64	0.003252032520325	0.008130081300813
-62.3	0	0.008130081300813
-61.96	0.004878048780488	0.0130081300813
-61.62	0	0.0130081300813
-61.28	0.003252032520325	0.01626016260163
-60.94	0.003252032520325	0.01951219512195
-60.6	0	0.01951219512195
-60.26	0.001626016260163	0.02113821138211
-59.92	0.003252032520325	0.02439024390244
-59.58	0	0.02439024390244
-59.24	0.001626016260163	0.0260162601626
-58.9	0.001626016260163	0.02764227642276
-58.56	0	0.02764227642276
-58.22	0.004878048780488	0.03252032520325
-57.88	0.003252032520325	0.03577235772358
-57.54	0.00650406504065	0.04227642276423
-57.2	0.00650406504065	0.04878048780488
-56.86	0.009756097560976	0.05853658536585
-56.52	0.008130081300813	0.06666666666667
-56.18	0.009756097560976	0.07642276422764
-55.84	0.008130081300813	0.08455284552846
-55.5	0.003252032520325	0.08780487804878
-55.16	0.008130081300813	0.09593495934959
-54.82	0.008130081300813	0.1040650406504
-54.48	0.008130081300813	0.1121951219512
-54.14	0.004878048780488	0.1170731707317
-53.8	0.008130081300813	0.1252032520325
-53.46	0.003252032520325	0.1284552845528
-53.12	0	0.1284552845528
-52.78	0	0.1284552845528
-52.44	0.00650406504065	0.1349593495935
-52.1	0.001626016260163	0.1365853658537
-51.76	0.00650406504065	0.1430894308943
-51.42	0	0.1430894308943
-51.08	0	0.1430894308943

-50.74	0.00650406504065	0.149593495935
-50.4	0	0.149593495935
-50.06	0.003252032520325	0,152845528
-49.72	0.003252032520325	0,156097561
-49.38	0.003252032520325	0.1593495934959
-49.04	0.001626016260163	0.1609756097561
-48.7	0.008130081300813	0.1691056910569
-48.36	0.001626016260163	0.1707317073171
-48.02	0.004878048780488	0.1756097560976
-47.68	0.001626016260163	0.1772357723577
-47.34	0.004878048780488	0.1821138211382
-47	0.001626016260163	0.1837398373984
-46.66	0.008130081300813	0.1918699186992
-46.32	0.003252032520325	0.1951219512195
-45.98	0.01138211382114	0.2065040650407
-45.64	0.004878048780488	0.2113821138211
-45.3	0.01626016260163	0.2276422764228
-44.96	0.01626016260163	0.2439024390244
-44.62	0.00650406504065	0.250406504065
-44.28	0.02113821138211	0.2715447154472
-43.94	0.01138211382114	0.2829268292683
-43.6	0.01626016260163	0.2991869918699
-43.26	0.01463414634146	0.3138211382114
-42.92	0.02113821138211	0.3349593495935
-42.58	0.02113821138211	0.3560975609756
-42.24	0.02113821138211	0.3772357723577
-41.9	0.008130081300813	0.3853658536585
-41.56	0.001626016260163	0.3869918699187
-41.22	0.00650406504065	0.3934959349593
-40.88	0.00650406504065	0.4
-40.54	0.008130081300813	0.4081300813008
-40.2	0.004878048780488	0.4130081300813
-39.86	0.01138211382114	0.4243902439024
-39.52	0.01463414634146	0.4390243902439
-39.18	0.01788617886179	0.4569105691057
-38.84	0.01951219512195	0.4764227642276
-38.5	0.02276422764228	0.4991869918699
-38.16	0.03577235772358	0.5349593495935
-37.82	0.03414634146341	0.5691056910569
-37.48	0.04715447154472	0.6162601626016
-37.14	0.03577235772358	0.6520325203252
-36.8	0.0650406504065	0.7170731707317

-36.46	0.0650406504065	0.7821138211382
-36.12	0.04227642276423	0.8243902439024
-35.78	0.01788617886179	0.8422764227642
-35.44	0.01138211382114	0.8536585365854
-35.1	0.008130081300813	0.8617886178862
-34.76	0.01138211382114	0.8731707317073
-34.42	0.004878048780488	0.8780487804878
-34.08	0	0.8780487804878
-33.74	0.009756097560976	0.8878048780488
-33.4	0.0130081300813	0.9008130081301
-33.06	0.003252032520325	0.9040650406504
-32.72	0.009756097560976	0.9138211382114
-32.38	0.009756097560976	0.9235772357724
-32.04	0.01138211382114	0.9349593495935
-31.7	0.02113821138211	0.9560975609756
-31.36	0.009756097560976	0.9658536585366
-31.02	0.02276422764228	0.9886178861789
-30.68	0.003252032520325	0.9918699186992
-30.34	0.008130081300813	1
-30	0	1

Tabel Data SIR Skenario Ke-7

Signal to Interference Ratio [dB]	Relative Frequency	CDF
0	0.004878048780488	0,004878049
0.67	0.01951219512195	0.02439024390244
1.34	0.01788617886179	0.04227642276423
2.01	0.01463414634146	0.05691056910569
2.68	0.01951219512195	0.07642276422764
3.35	0.009756097560976	0.08617886178862
4.02	0.01788617886179	0.1040650406504
4.69	0.01463414634146	0.1186991869919
5.36	0.01626016260163	0.1349593495935
6.03	0.0130081300813	0.1479674796748
6.7	0.01138211382114	0.1593495934959
7.37	0.008130081300813	0,167479675
8.04	0.008130081300813	0,175609756
8.71	0.009756097560976	0.1853658536585
9.38	0.01788617886179	0.2032520325203
10.05	0.02926829268293	0.2325203252033
10.72	0.03252032520325	0.2650406504065
11.39	0.01463414634146	0.279674796748

12.06	0.00650406504065	0.2861788617886
12.73	0.009756097560976	0.2959349593496
13.4	0.004878048780488	0.3008130081301
14.07	0.009756097560976	0.3105691056911
14.74	0.01138211382114	0.3219512195122
15.41	0.004878048780488	0,326829268
16.08	0.003252032520325	0,330081301
16.75	0.00650406504065	0.3365853658537
17.42	0.008130081300813	0.3447154471545
18.09	0.0130081300813	0.3577235772358
18.76	0.0130081300813	0.3707317073171
19.43	0.02113821138211	0.3918699186992
20.1	0.0130081300813	0.4048780487805
20.77	0.0130081300813	0.4178861788618
21.44	0.004878048780488	0.4227642276423
22.11	0.008130081300813	0.4308943089431
22.78	0.00650406504065	0.4373983739837
23.45	0.01626016260163	0.4536585365854
24.12	0.0130081300813	0.4666666666667
24.79	0.009756097560976	0.4764227642276
25.46	0.02113821138211	0.4975609756098
26.13	0.01463414634146	0.5121951219512
26.8	0.01138211382114	0.5235772357724
27.47	0.004878048780488	0.5284552845528
28.14	0.009756097560976	0.5382113821138
28.81	0.003252032520325	0.5414634146341
29.48	0	0,541463415
30.15	0.001626016260163	0,543089431
30.82	0	0.5430894308943
31.49	0.001626016260163	0.5447154471545
32.16	0.003252032520325	0.5479674796748
32.83	0.008130081300813	0.5560975609756
33.5	0.004878048780488	0.5609756097561
34.17	0.008130081300813	0.5691056910569
34.84	0.01951219512195	0.5886178861789
35.51	0.01138211382114	0.6
36.18	0.008130081300813	0.6081300813008
36.85	0.004878048780488	0.6130081300813
37.52	0.00650406504065	0.619512195122
38.19	0.004878048780488	0.6243902439024
38.86	0.004878048780488	0.6292682926829
39.53	0.00650406504065	0.6357723577236

40.2	0.008130081300813	0.6439024390244
40.87	0.01463414634146	0,658536585
41.54	0.01788617886179	0.6764227642276
42.21	0.02439024390244	0.7008130081301
42.88	0.0130081300813	0.7138211382114
43.55	0.001626016260163	0.7154471544715
44.22	0.003252032520325	0.7186991869919
44.89	0.004878048780488	0.7235772357724
45.56	0.003252032520325	0.7268292682927
46.23	0.009756097560976	0.7365853658537
46.9	0.01138211382114	0.7479674796748
47.57	0.009756097560976	0.7577235772358
48.24	0.00650406504065	0.7642276422764
48.91	0.004878048780488	0.7691056910569
49.58	0.004878048780488	0.7739837398374
50.25	0.003252032520325	0.7772357723577
50.92	0.003252032520325	0.780487804878
51.59	0.001626016260163	0.7821138211382
52.26	0.003252032520325	0.7853658536585
52.93	0.003252032520325	0.7886178861789
53.6	0.003252032520325	0.7918699186992
54.27	0.001626016260163	0.7934959349593
54.94	0.004878048780488	0.7983739837398
55.61	0.001626016260163	0.8
56.28	0.001626016260163	0.8016260162602
56.95	0.009756097560976	0.8113821138211
57.62	0.00650406504065	0.8178861788618
58.29	0.01463414634146	0.8325203252033
58.96	0.01951219512195	0.8520325203252
59.63	0.02113821138211	0.8731707317073
60.3	0.02276422764228	0.8959349593496
60.97	0.01951219512195	0.9154471544715
61.64	0.02276422764228	0.9382113821138
62.31	0.01788617886179	0.9560975609756
62.98	0.008130081300813	0.9642276422764
63.65	0.0130081300813	0.9772357723577
64.32	0.01138211382114	0.9886178861789
64.99	0.004878048780488	0.9934959349593
65.66	0.004878048780488	0.9983739837398
66.33	0.001626016260163	1
67	0	1
67.67	0	1

8. Data Hasil Simulasi RPS 5.4 Skenario Ke-8

Tabel Data Coverage Skenario Ke-8

(Composite) Coverage [dBm]	Relative Frequency	CDF
-89	0.001626016260163	0,001626016
-88.65	0	0.001626016260163
-88.3	0	0.001626016260163
-87.95	0	0.001626016260163
-87.6	0.001626016260163	0.003252032520325
-87.25	0	0.003252032520325
-86.9	0.001626016260163	0.004878048780488
-86.55	0.001626016260163	0.00650406504065
-86.2	0.001626016260163	0.008130081300813
-85.85	0.003252032520325	0.01138211382114
-85.5	0	0.01138211382114
-85.15	0.003252032520325	0.01463414634146
-84.8	0.003252032520325	0.01788617886179
-84.45	0	0.01788617886179
-84.1	0.003252032520325	0.02113821138211
-83.75	0.00650406504065	0.02764227642276
-83.4	0.01138211382114	0.0390243902439
-83.05	0.00650406504065	0.04552845528455
-82.7	0.003252032520325	0.04878048780488
-82.35	0.008130081300813	0.05691056910569
-82	0.003252032520325	0.06016260162602
-81.65	0	0.06016260162602
-81.3	0	0.06016260162602
-80.95	0	0.06016260162602
-80.6	0.001626016260163	0.06178861788618
-80.25	0.001626016260163	0.06341463414634
-79.9	0.001626016260163	0.0650406504065
-79.55	0.001626016260163	0.06666666666667
-79.2	0.003252032520325	0.06991869918699
-78.85	0.004878048780488	0.07479674796748
-78.5	0.00650406504065	0.08130081300813
-78.15	0.003252032520325	0.08455284552846
-77.8	0.01138211382114	0.09593495934959
-77.45	0.01951219512195	0.1154471544715
-77.1	0.008130081300813	0.1235772357724
-76.75	0.004878048780488	0.1284552845528
-76.4	0.009756097560976	0.1382113821138
-76.05	0.004878048780488	0.1430894308943
-75.7	0.004878048780488	0.1479674796748

-75.35	0.004878048780488	0.1528455284553
-75	0.004878048780488	0.1577235772358
-74.65	0	0.1577235772358
-74.3	0.003252032520325	0.1609756097561
-73.95	0.003252032520325	0.1642276422764
-73.6	0.003252032520325	0.1674796747967
-73.25	0.001626016260163	0.1691056910569
-72.9	0.003252032520325	0.1723577235772
-72.55	0.00650406504065	0.1788617886179
-72.2	0.004878048780488	0.1837398373984
-71.85	0.01138211382114	0.1951219512195
-71.5	0.003252032520325	0.1983739837398
-71.15	0.008130081300813	0.2065040650407
-70.8	0.008130081300813	0.2146341463415
-70.45	0.008130081300813	0.2227642276423
-70.1	0.001626016260163	0,224390244
-69.75	0.01788617886179	0,242276423
-69.4	0.0130081300813	0.2552845528455
-69.05	0.01788617886179	0.2731707317073
-68.7	0.01626016260163	0.2894308943089
-68.35	0.003252032520325	0.2926829268293
-68	0.0260162601626	0.3186991869919
-67.65	0.02439024390244	0.3430894308943
-67.3	0.02113821138211	0.3642276422764
-66.95	0.0130081300813	0.3772357723577
-66.6	0.01788617886179	0.3951219512195
-66.25	0.03252032520325	0.4276422764228
-65.9	0.02764227642276	0.4552845528455
-65.55	0.02276422764228	0.4780487804878
-65.2	0.01463414634146	0.4926829268293
-64.85	0.00650406504065	0.4991869918699
-64.5	0.01626016260163	0.5154471544715
-64.15	0.01463414634146	0.530081300813
-63.8	0.009756097560976	0.539837398374
-63.45	0.01138211382114	0.5512195121951
-63.1	0.01951219512195	0.5707317073171
-62.75	0.0390243902439	0.609756097561
-62.4	0.008130081300813	0.6178861788618
-62.05	0.02439024390244	0.6422764227642
-61.7	0.04390243902439	0.6861788617886
-61.35	0.03252032520325	0.7186991869919
-61	0.02276422764228	0.7414634146341

-60.65	0.01626016260163	0.7577235772358
-60.3	0.0260162601626	0.7837398373984
-59.95	0.003252032520325	0.7869918699187
-59.6	0.00650406504065	0.7934959349593
-59.25	0.001626016260163	0.7951219512195
-58.9	0.003252032520325	0.7983739837398
-58.55	0.001626016260163	0.8
-58.2	0.003252032520325	0.8032520325203
-57.85	0.004878048780488	0.8081300813008
-57.5	0.01626016260163	0.8243902439024
-57.15	0.008130081300813	0.8325203252033
-56.8	0.004878048780488	0.8373983739837
-56.45	0.0130081300813	0.850406504065
-56.1	0.02439024390244	0.8747967479675
-55.75	0.02276422764228	0.8975609756098
-55.4	0.02276422764228	0.920325203252
-55.05	0.03252032520325	0.9528455284553
-54.7	0.01788617886179	0.9707317073171
-54.35	0.02764227642276	0.9983739837398
-54	0.001626016260163	1
-53.65	0	1

Tabel Data SIR Skenario Ke-8

Signal to Interference Ratio [dB]	Relative Frequency	CDF
0	0.0260162601626	0,02601626
0.64	0.03577235772358	0.06178861788618
1.28	0.0260162601626	0.08780487804878
1.92	0.01463414634146	0.1024390243902
2.56	0.02276422764228	0.1252032520325
3.2	0.0130081300813	0.1382113821138
3.84	0.01138211382114	0.149593495935
4.48	0.03089430894309	0.180487804878
5.12	0.01463414634146	0.1951219512195
5.76	0.03739837398374	0.2325203252033
6.4	0.008130081300813	0.2406504065041
7.04	0.01626016260163	0.2569105691057
7.68	0.01951219512195	0,276422764
8.32	0.01626016260163	0,292682927
8.96	0.01463414634146	0.3073170731707
9.6	0.0130081300813	0.320325203252
10.24	0.008130081300813	0.3284552845528

10.88	0.01138211382114	0.339837398374
11.52	0.00650406504065	0.3463414634146
12.16	0.01138211382114	0.3577235772358
12.8	0.00650406504065	0.3642276422764
13.44	0.01463414634146	0.3788617886179
14.08	0.004878048780488	0.3837398373984
14.72	0.009756097560976	0.3934959349593
15.36	0.008130081300813	0,401626016
16	0.0130081300813	0,414634146
16.64	0.01463414634146	0.4292682926829
17.28	0.01138211382114	0.4406504065041
17.92	0.01463414634146	0.4552845528455
18.56	0	0.4552845528455
19.2	0.00650406504065	0.4617886178862
19.84	0.008130081300813	0.469918699187
20.48	0.003252032520325	0.4731707317073
21.12	0.02113821138211	0.4943089430894
21.76	0.01138211382114	0.5056910569106
22.4	0.00650406504065	0.5121951219512
23.04	0.01138211382114	0.5235772357724
23.68	0.008130081300813	0.5317073170732
24.32	0.008130081300813	0.539837398374
24.96	0.01138211382114	0.5512195121951
25.6	0.00650406504065	0.5577235772358
26.24	0.01138211382114	0.5691056910569
26.88	0.01138211382114	0.580487804878
27.52	0.00650406504065	0.5869918699187
28.16	0.00650406504065	0.5934959349593
28.8	0.00650406504065	0.6
29.44	0.003252032520325	0,603252033
30.08	0.001626016260163	0,604878049
30.72	0.00650406504065	0.6113821138211
31.36	0.008130081300813	0.619512195122
32	0.00650406504065	0.6260162601626
32.64	0.0130081300813	0.6390243902439
33.28	0.008130081300813	0.6471544715447
33.92	0.0260162601626	0.6731707317073
34.56	0.02113821138211	0.6943089430894
35.2	0.008130081300813	0.7024390243902
35.84	0.00650406504065	0.7089430894309
36.48	0.00650406504065	0.7154471544715
37.12	0.004878048780488	0.720325203252

37.76	0.00650406504065	0.7268292682927
38.4	0.00650406504065	0.73333333333333
39.04	0.01138211382114	0.7447154471545
39.68	0.009756097560976	0.7544715447154
40.32	0.008130081300813	0.7626016260163
40.96	0.00650406504065	0,769105691
41.6	0	0.7691056910569
42.24	0.008130081300813	0.7772357723577
42.88	0.001626016260163	0.7788617886179
43.52	0.008130081300813	0.7869918699187
44.16	0.001626016260163	0.7886178861789
44.8	0.003252032520325	0.7918699186992
45.44	0.004878048780488	0.7967479674797
46.08	0.00650406504065	0.8032520325203
46.72	0.001626016260163	0.8048780487805
47.36	0.009756097560976	0.8146341463415
48	0.001626016260163	0.8162601626016
48.64	0.001626016260163	0.8178861788618
49.28	0.003252032520325	0.8211382113821
49.92	0.008130081300813	0.8292682926829
50.56	0.001626016260163	0.8308943089431
51.2	0.00650406504065	0.8373983739837
51.84	0.009756097560976	0.8471544715447
52.48	0.001626016260163	0.8487804878049
53.12	0.00650406504065	0.8552845528455
53.76	0.008130081300813	0.8634146341463
54.4	0.00650406504065	0.869918699187
55.04	0.01463414634146	0.8845528455285
55.68	0.003252032520325	0.8878048780488
56.32	0.009756097560976	0.8975609756098
56.96	0.02113821138211	0.9186991869919
57.6	0.01463414634146	0.93333333333333
58.24	0.008130081300813	0.9414634146341
58.88	0.01138211382114	0.9528455284553
59.52	0.01626016260163	0.9691056910569
60.16	0.009756097560976	0.9788617886179
60.8	0.00650406504065	0.9853658536585
61.44	0.003252032520325	0.9886178861789
62.08	0.004878048780488	0.9934959349593
62.72	0.004878048780488	0.9983739837398
63.36	0.001626016260163	1
64 s/d 64.64	0	1

9. Data Hasil Simulasi RPS 5.4 Skenario Ke-9

Tabel Data Coverage Skenario Ke-9

(Composite) Coverage [dBm]	Relative Frequency	CDF
-66	0	0
-65.66	0.001626016260163	0.001626016260163
-65.32	0.001626016260163	0.003252032520325
-64.98	0.001626016260163	0.004878048780488
-64.64	0.001626016260163	0.00650406504065
-64.3	0.003252032520325	0.009756097560976
-63.96	0.003252032520325	0.0130081300813
-63.62	0.004878048780488	0.01788617886179
-63.28	0.003252032520325	0.02113821138211
-62.94	0.00650406504065	0.02764227642276
-62.6	0.004878048780488	0.03252032520325
-62.26	0.003252032520325	0.03577235772358
-61.92	0.00650406504065	0.04227642276423
-61.58	0.001626016260163	0.04390243902439
-61.24	0.001626016260163	0.04552845528455
-60.9	0.001626016260163	0.04715447154472
-60.56	0	0.04715447154472
-60.22	0	0.04715447154472
-59.88	0	0.04715447154472
-59.54	0	0.04715447154472
-59.2	0	0.04715447154472
-58.86	0	0.04715447154472
-58.52	0	0.04715447154472
-58.18	0.001626016260163	0.04878048780488
-57.84	0.004878048780488	0.05365853658537
-57.5	0.004878048780488	0.05853658536585
-57.16	0.009756097560976	0.06829268292683
-56.82	0.008130081300813	0.07642276422764
-56.48	0.008130081300813	0.08455284552846
-56.14	0.00650406504065	0.09105691056911
-55.8	0.00650406504065	0.09756097560976
-55.46	0.004878048780488	0.1024390243902
-55.12	0.00650406504065	0.1089430894309
-54.78	0.003252032520325	0.1121951219512
-54.44	0	0.1121951219512
-54.1	0.001626016260163	0.1138211382114
-53.76	0.009756097560976	0.1235772357724
-53.42	0.001626016260163	0.1252032520325
-53.08	0.001626016260163	0.1268292682927

-52.74	0.001626016260163	0.1284552845528
-52.4	0.004878048780488	0.133333333333333
-52.06	0.004878048780488	0.1382113821138
-51.72	0.003252032520325	0.1414634146341
-51.38	0.003252032520325	0.1447154471545
-51.04	0.004878048780488	0.149593495935
-50.7	0.00650406504065	0.1560975609756
-50.36	0.00650406504065	0.1626016260163
-50.02	0.001626016260163	0,164227642
-49.68	0.001626016260163	0,165853659
-49.34	0.00650406504065	0.1723577235772
-49	0.004878048780488	0.1772357723577
-48.66	0.00650406504065	0.1837398373984
-48.32	0.00650406504065	0.190243902439
-47.98	0.00650406504065	0.1967479674797
-47.64	0.003252032520325	0.2
-47.3	0.01138211382114	0.2113821138211
-46.96	0.00650406504065	0.2178861788618
-46.62	0.01788617886179	0.2357723577236
-46.28	0.01463414634146	0.250406504065
-45.94	0.0130081300813	0.2634146341463
-45.6	0.02764227642276	0.2910569105691
-45.26	0.02276422764228	0.3138211382114
-44.92	0.01951219512195	0.333333333333333
-44.58	0.03739837398374	0.3707317073171
-44.24	0.01788617886179	0.3886178861789
-43.9	0.008130081300813	0.3967479674797
-43.56	0.004878048780488	0.4016260162602
-43.22	0.004878048780488	0.4065040650407
-42.88	0.008130081300813	0.4146341463415
-42.54	0.003252032520325	0.4178861788618
-42.2	0.001626016260163	0.419512195122
-41.86	0.01138211382114	0.4308943089431
-41.52	0.01138211382114	0.4422764227642
-41.18	0.01951219512195	0.4617886178862
-40.84	0.0130081300813	0.4747967479675
-40.5	0.008130081300813	0.4829268292683
-40.16	0.03739837398374	0.520325203252
-39.82	0.06178861788618	0.5821138211382
-39.48	0.06178861788618	0.6439024390244
-39.14	0.05365853658537	0.6975609756098
-38.8	0.06341463414634	0.7609756097561

-38.46	0.03089430894309	0.7918699186992
-38.12	0.02439024390244	0.8162601626016
-37.78	0.00650406504065	0.8227642276423
-37.44	0.009756097560976	0.8325203252033
-37.1	0.001626016260163	0.8341463414634
-36.76	0	0.8341463414634
-36.42	0.003252032520325	0.8373983739837
-36.08	0.00650406504065	0.8439024390244
-35.74	0.008130081300813	0.8520325203252
-35.4	0.00650406504065	0.8585365853659
-35.06	0.008130081300813	0.8666666666667
-34.72	0.02113821138211	0.8878048780488
-34.38	0.02439024390244	0.9121951219512
-34.04	0.02113821138211	0.9333333333333
-33.7	0.03089430894309	0.9642276422764
-33.36	0.01951219512195	0.9837398373984
-33.02	0.009756097560976	0.9934959349593
-32.68	0.00650406504065	1
-32.34	0	1
-32	0	1

Tabel Data SIR Skenario Ke-9

Signal to Interference Ratio [dB]	Relative Frequency	CDF
0	0.01138211382114	0,011382114
0.67	0.03414634146341	0.04552845528455
1.34	0.01626016260163	0.06178861788618
2.01	0.02276422764228	0.08455284552846
2.68	0.02764227642276	0.1121951219512
3.35	0.0260162601626	0.1382113821138
4.02	0.01463414634146	0.1528455284553
4.69	0.00650406504065	0.1593495934959
5.36	0.009756097560976	0.1691056910569
6.03	0.008130081300813	0.1772357723577
6.7	0.0130081300813	0.190243902439
7.37	0.01463414634146	0,204878049
8.04	0.02439024390244	0,229268293
8.71	0.04552845528455	0.2747967479675
9.38	0.01463414634146	0.2894308943089
10.05	0.0130081300813	0.3024390243902
10.72	0.004878048780488	0.3073170731707
11.39	0.00650406504065	0.3138211382114

12.06	0.001626016260163	0.3154471544715
12.73	0.004878048780488	0.320325203252
13.4	0.008130081300813	0.3284552845528
14.07	0.00650406504065	0.3349593495935
14.74	0.00650406504065	0.3414634146341
15.41	0.01138211382114	0,352845528
16.08	0.0130081300813	0,365853659
16.75	0.008130081300813	0.3739837398374
17.42	0.009756097560976	0.3837398373984
18.09	0.01463414634146	0.3983739837398
18.76	0.008130081300813	0.4065040650407
19.43	0.01463414634146	0.4211382113821
20.1	0.0130081300813	0.4341463414634
20.77	0.01463414634146	0.4487804878049
21.44	0.008130081300813	0.4569105691057
22.11	0.01138211382114	0.4682926829268
22.78	0.00650406504065	0.4747967479675
23.45	0.003252032520325	0.4780487804878
24.12	0.01138211382114	0.4894308943089
24.79	0.001626016260163	0.4910569105691
25.46	0.001626016260163	0.4926829268293
26.13	0.00650406504065	0.4991869918699
26.8	0.004878048780488	0.5040650406504
27.47	0.008130081300813	0.5121951219512
28.14	0.008130081300813	0.520325203252
28.81	0.01138211382114	0.5317073170732
29.48	0.01951219512195	0,551219512
30.15	0.0130081300813	0,564227642
30.82	0.008130081300813	0.5723577235772
31.49	0.003252032520325	0.5756097560976
32.16	0.004878048780488	0.580487804878
32.83	0.01138211382114	0.5918699186992
33.5	0.004878048780488	0.5967479674797
34.17	0.00650406504065	0.6032520325203
34.84	0.004878048780488	0.6081300813008
35.51	0.009756097560976	0.6178861788618
36.18	0.003252032520325	0.6211382113821
36.85	0.00650406504065	0.6276422764228
37.52	0.01138211382114	0.6390243902439
38.19	0.01463414634146	0.6536585365854
38.86	0.003252032520325	0.6569105691057
39.53	0.01626016260163	0.6731707317073

40.2	0.01626016260163	0.6894308943089
40.87	0.008130081300813	0,697560976
41.54	0	0.6975609756098
42.21	0.00650406504065	0.7040650406504
42.88	0.004878048780488	0.7089430894309
43.55	0.004878048780488	0.7138211382114
44.22	0.00650406504065	0.720325203252
44.89	0.01626016260163	0.7365853658537
45.56	0.01138211382114	0.7479674796748
46.23	0.00650406504065	0.7544715447154
46.9	0.003252032520325	0.7577235772358
47.57	0.00650406504065	0.7642276422764
48.24	0.001626016260163	0.7658536585366
48.91	0	0.7658536585366
49.58	0.004878048780488	0.7707317073171
50.25	0.003252032520325	0.7739837398374
50.92	0	0.7739837398374
51.59	0.003252032520325	0.7772357723577
52.26	0	0.7772357723577
52.93	0	0.7772357723577
53.6	0	0.7772357723577
54.27	0.003252032520325	0.780487804878
54.94	0.004878048780488	0.7853658536585
55.61	0.00650406504065	0.7918699186992
56.28	0.00650406504065	0.7983739837398
56.95	0.01463414634146	0.8130081300813
57.62	0.02276422764228	0.8357723577236
58.29	0.004878048780488	0.8406504065041
58.96	0.001626016260163	0.8422764227642
59.63	0.004878048780488	0.8471544715447
60.3	0.00650406504065	0.8536585365854
60.97	0.01626016260163	0.869918699187
61.64	0.01788617886179	0.8878048780488
62.31	0.01788617886179	0.9056910569106
62.98	0.01788617886179	0.9235772357724
63.65	0.01788617886179	0.9414634146341
64.32	0.01463414634146	0.9560975609756
64.99	0.02276422764228	0.9788617886179
65.66	0.01463414634146	0.9934959349593
66.33	0.004878048780488	0.9983739837398
67	0.001626016260163	1
67.67	0	1

G. Listing Program Matlab QPSO

1. Program Utama QPSO

```
%  
% Judul Program: Penentuan Posisi (FAP) Femtocell Access Point  
Menggunakan QPSO  
%  
% Oleh: Dwi Sukma Aji (Teknik Elektro Unej 2014)  
%  
% NIM: 141910201031  
%  
  
clc;  
clear;  
close all;  
  
%% Inisialisasi Parameter  
jum_par=75;  
max_iterasi=100;  
luas_area=560;  
radius = 11.56;  
r=(radius/2)*ones(2,1);  
jum_var=6;  
load random_partikel.mat;  
beta_max=1.0;  
beta_min=0.3;  
  
%% Inisialisasi Partikel  
for i=1:jum_par  
    for iter=1:max_iterasi  
        x1=Rb1+((Ra1)-(Rb1)).*rand(1,i);  
        x2=Rb2+((Ra2)-(Rb2)).*rand(1,i);  
        x3=Rb3+((Ra3)-(Rb3)).*rand(1,i);  
        x4=Rb4+((Ra4)-(Rb4)).*rand(1,i);  
        x5=Rb5+((Ra5)-(Rb5)).*rand(1,i);  
        x6=Rb6+((Ra6)-(Rb6)).*rand(1,i);  
  
        x=[x1;x2;x3;x4;x5;x6;]  
    end  
end  
current_fitness=0*ones(1,jum_par);  
current_position=x;  
local_best_position=current_position;  
  
%% Evaluasi Fitness  
for i=1:jum_par  
    panjang=x(1:2,i);  
    lebar=x(3:4,i);  
    t=x(5:6,i);  
  
    d=sqrt(((panjang)-(panjang)).^2+((lebar)-(lebar)).^2);  
    f1=fitness(r);
```

```
f2=fitness2(panjang, lebar, r);
f3=fitness3(r, t);
f4=(f1-f2)/luas_area*100;
fungsi_fitness=f4+f3;
current_fitness(i)=fungsi_fitness;
end

local_best_fitness=current_fitness;
for iter=1:max_iterasi
    x=current_position;
    current_fitness=0*zeros(1,jum_par);
    for i=1:jum_par
        if d>0
            current_fitness(i)>local_best_fitness(i);
            local_best_fitness(i)=current_fitness(i);

local_best_position(i,1:jum_var)=current_position(i,1:jum_var);
            local_best_position(:,i)=current_position(:,i);
        end
    end
end

local_best_fitness;
[g_best_value, g_best_index]=max(local_best_fitness);
g_best_value;
g_best_index;
bestfitness_QPSO(iter)=g_best_value;

local_best_position;
mean_best_position=sum(local_best_position)/jum_par;
global_best_position=local_best_position(:,1:jum_par);

beta(iter)=beta_max-(((beta_max - beta_min)/max_iterasi)*iter);
new_position=0*ones(jum_var, jum_par);
c1=1;
c2=1;

for count_y=1:jum_par
    for count_x=1:jum_var
        r1=rand;
        r2=rand;
        fi=(c1*r1)/((c1*r1)+(c2*r2));
        P=fi*local_best_position(count_x, count_y)+(1-
fi)*global_best_position(count_x,1);
        u=rand;
        v=-log(u);
        k=rand;

        if (k<0.5)
            temp_position=P-beta(iter)*abs((mean_best_position(1,
count_y)- current_position(count_x, count_y)))*v;
        else
            temp_position=P+beta(iter)*abs((mean_best_position(1,
count_y)- current_position(count_x, count_y)))*v;
        end
    end
end
```


2. Program *Function* QPSO

```

function [fn] = fitness(r)
l=22/7*((r(:,1)).^2);
slh=sum(l,1);
fn=slh;
end

function [fn] = fitness2(panjang, lebar, r)

nd=size(panjang,1);
d=zeros(nd,nd);
for m=1:nd;
    for n=1:nd;
        d(m,n)=111.32*(sqrt(((panjang(m,1))-
(panjang(n,1)))^2+((lebar(m,1))-(lebar(n,1)))^2)));
    end
end
i=zeros(nd,nd);
for m=1:nd;
    for n=1:nd;
        if m==n;
            i(m,n)=0;
        elseif r(m,1)+r(n,1)<d(m,n)
            i(m,n)=0;
        else
            i(m,n)=(2*r(m,1)*r(n,1)*acos(d(m,n)/(r(m,1)+r(n,1)))-
(d(m,n)*((r(m,1)*r(n,1))-(d(m,n)^2/4))));
        end
    end
end
sih=(sum(sum(i),2)/2);

fn=sih;
end

function [fn] = fitness3(r,t)
l=22/7*((r(:,1)).^2);
traf=1.*(t(:,1))/(1);
tr=sum(traf,1);
fn=tr;
end

```