



ANALISIS PERANCANGAN ANTENA *HELIX MODE AXIAL* DAN *PATCH MEANDERLINE* MENGGUNAKAN *DGS (DEFECTED GROUND STRUCTURE)* UNTUK APLIKASI *LPWAN (LOW POWER WIDE AREA NETWORKS)* BERBASIS *IoT* PADA DAERAH *RURAL*

SKRIPSI

Oleh

Lutfi Bayu Haniffian Wicaksono

NIM 141910201028

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

2018



ANALISIS PERANCANGAN ANTENA *HELIX MODE AXIAL* DAN *PATCH MEANDERLINE* MENGGUNAKAN *DGS (DEFECTED GROUND STRUCTURE)* UNTUK APLIKASI *LPWAN (LOW POWER WIDE AREA NETWORKS)* BERBASIS *IoT* PADA DAERAH RURAL

SKRIPSI

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

Oleh

Lutfi Bayu Haniffian Wicaksono

NIM 141910201028

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

PERSEMBAHAN

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

Akhirnya, saya persembahkan skripsi ini kepada.

1. Kedua orang tua, Ibu Siti Fatimah dan Bapak Sutardi
2. Guru-guru dan dosen sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi;
3. Almamater tercinta, Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
4. Serta seluruh teman-teman penulis yang saya kenal dan teman-teman yang membaca skripsi ini.

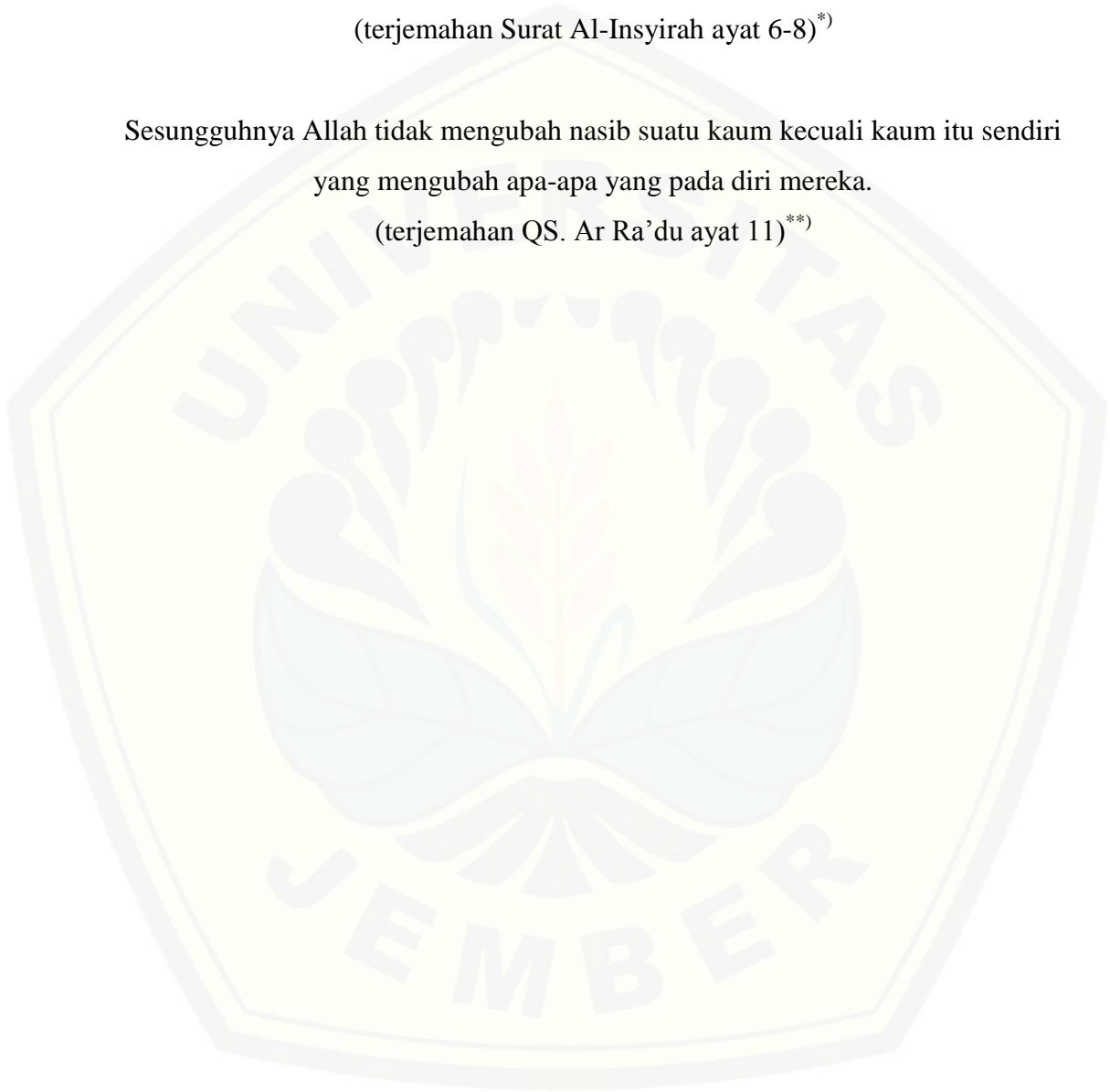
MOTO

Sesungguhnya bersama kesukaran itu ada keringanan. Karena itu bila kau sudah selesai (mengerjakan yang lain). Dan berharaplah kepada Tuhanmu.

(terjemahan Surat Al-Insyirah ayat 6-8)^{*)}

Sesungguhnya Allah tidak mengubah nasib suatu kaum kecuali kaum itu sendiri yang mengubah apa-apa yang pada diri mereka.

(terjemahan QS. Ar Ra'du ayat 11)^{**)}



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

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

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Lutfi Bayu Haniffian Wicaksono

NIM : 141910201028

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Perancangan Antena *Helix Mode Axial* dan *Patch Meanderline* Menggunakan *DGS (Defected Ground Structure)* untuk Aplikasi *LPWAN (Low Power Wide Area Networks)* Berbasis *IoT* di Daerah *Rural*” 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, 18 Maret 2018

Yang menyatakan

Lutfi Bayu Haniffian Wicaksono
NIM 141910201028

SKRIPSI

ANALISIS PERANCANGAN ANTENA *HELIX MODE AXIAL* DAN *PATCH MEANDERLINE* MENGGUNAKAN *DGS (DEFECTED GROUND STRUCTURE)* UNTUK APLIKASI *LPWAN (LOW POWER WIDE AREA NETWORKS)* BERBASIS *IoT* PADA DAERAH *RURAL*

Oleh

Lutfi Bayu Haniffian Wicaksono
NIM 141910201028

Pembimbing :

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

Dosen Pembimbing Anggota : Widya Cahyadi, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Analisis Perancangan Antena *Helix Mode Axial* dan *Patch Meanderline* Menggunakan *DGS (Defected Ground Structure)* untuk Aplikasi *LPWAN (Low Power Wide Area Networks)* Berbasis *IoT* di Daerah *Rural*" telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari : Rabu
Tanggal : 18 Maret 2018
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim penguji,

Ketua,

Sekretaris,

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

NIP 198405312008121008

Widya Cahyadi, S.T., M.T.

NIP 198511102014041001

Anggota I,

Anggota II,

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

NIP 196801191997021001

Alfredo Bayu Satriya, S.T., M.T.

NIP 198905192015041001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik

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

NIP 196612151995032001

Analisis Perancangan Antena *Helix Mode Axial* dan *Patch Meanderline*
Menggunakan *DGS (Defected Ground Structure)* untuk Aplikasi *LPWAN (Low Power Wide Area Networks)* Berbasis *IoT* di Daerah *Rural*

Lutfi Bayu Haniffian Wicaksono

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Sehubungan dengan pentingnya kesadaran global dan agenda pemerintah untuk menyediakan layanan digital bagi penduduk daerah *rural* dalam meningkatkan kualitas sinyal, aplikasi *LPWAN (Low Power Wide Area Networks)* menjadi perhatian utama di bidang infrastruktur. Daerah *rural* merupakan daerah yang memiliki kualitas miskin sinyal, penyebabnya terletak pada lokasi daerah *rural* yang jauh dari *coverage area BTS* sehingga perlu adanya perangkat telekomunikasi berupa *repeater GSM*. Dalam perangkat *repeater GSM* memerlukan sebuah antena yang memiliki *gain* besar terutama pada antena penerima, salah satu antena yang memiliki karakteristik *gain* besar adalah antena *helix mode axial* memiliki dimensi besar menyerupai pegas dan memiliki sifat pola radiasi direksional, sedangkan antena dengan pola radiasi omnidireksional adalah antena *patch meanderline* memiliki dimensi *compact* dan mudah difabrikasi. Antena *patch meanderline* memiliki kelemahan salah satunya *gain* kecil yang disebabkan oleh terjebaknya gelombang permukaan di *ground*, sehingga perlu teknik khusus untuk mengatasi permasalahan tersebut. Pada penelitian ini akan membahas perancangan dan realisasi antena *helix mode axial* dan *patch meanderline DGS (Defected Ground Structure)* untuk aplikasi *LPWAN (Low Power Wide Area Networks)* di daerah *rural* sehingga mampu digunakan untuk *monitoring* cuaca berbasis *IoT*. Pada proses pengintegrasian antena *helix mode axial* sebagai antena penerima dan antena *patch meanderline DGS* sebagai antena *rebroadcast* di *repeater GSM* mampu membuat jaringan *edge* di daerah *rural* menjadi jaringan *HSPA+*.

Kata Kunci: *LPWAN, Rural, Repeater GSM, Helix Mode Axial, Patch Meanderline DGS*

*Design Analysis of Antenna Helix Axial Mode and Patch Meanderline Using DGS
(Defected Ground Structure) for LPWAN(Low Power Wide Area Networks)*

Application Based on IoT in Rural Area

Lutfi Bayu Haniffian Wicaksono

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

ABSTRACT

Due to the importance of global awareness and the government's agenda to provide digital services for rural area residents in improving signal quality, LPWAN (Low Power Wide Area Networks) applications are a major concern in infrastructure. Rural are areas that have poor quality signal, the cause lies in the location of rural areas away from the coverage area BTS so that the need for telecommunications equipment in the form of GSM repeaters. In GSM repeater devices require an antenna that has a large gain mainly on the receiving antenna, one antenna that has a large gain character is helix axial mode has a large dimension resembling a spring and has a directional radiation pattern properties, whereas the antenna with an omnidirectional radiation pattern is a patch meanderline antenna has compact dimensions and is easy to fabricate. The meanderline patch antenna has the disadvantage one of which is the small gain caused by trapped surface waves on the ground, so it needs special techniques to overcome the problem. This research will discuss the design and realization of helix axial mode and patch meanderline DGS (Defected Ground Structure) for LPWAN (Low Power Wide Area Networks) application in rural area so it can be used for IoT based weather monitoring. In the process of integrating antenna helix axial mode as receiving antenna and antenna patch meanderline DGS as rebroadcast antenna in GSM repeater able to make edge network in rural area become HSPA + network.

Keywords: *LPWAN, Rural, GSM Repeater, Helix Axial Mode, Patch Meanderline DGS*

RINGKASAN

Analisis Perancangan Antena *Helix Mode Axial* dan *Patch Meanderline* Menggunakan *DGS (Defected Ground Structure)* untuk Aplikasi *LPWAN (Low Power Wide Area Networks)* Berbasis *IoT* pada Daerah Rural; Lutfi Bayu Haniffian Wicaksono, 141910201028; 2018; 125 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Repeater GSM merupakan suatu perangkat yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas sinyal area lokal. *Repeater GSM* mempunyai 3 spesifikasi penting yang pertama antena penerima, kedua sinyal *amplifier*, dan yang ketiga antena *rebroadcast*. *Repeater GSM* diintegrasikan menggunakan antena yang dirancang yaitu antena *helix mode axial* sebagai antena penerima dan *patch meanderline DGS* sebagai antena *rebroadcast* kemudian data parameter pengujian yaitu berupa sinyal *RSSI (Received Signal Strength Indicator)* yang dikategorikan menjadi 4 dalam jaringan GSM dan 3G/HSPA yaitu -50 dBm sampai -75 dBm (sinyal kuat), -76 dBm sampai -90 dBm (sinyal sedang), -91 dBm sampai -100 dBm (sinyal lemah) dan -101 dBm sampai -120 dBm (miskin sinyal).

Pada penelitian ini memiliki beberapa tahapan yaitu merancang antena *helix mode axial*, antena *patch meanderline DGS*, melakukan fabrikasi kedua antena tersebut, mengintegrasikan kedua antena ke *repeater GSM* dan yang terakhir merancang alat sistem *monitoring* cuaca berbasis *IoT*. Tujuan utama dari penelitian ini adalah memperkuat sinyal di daerah *rural* (Kabupaten Jember) sehingga dapat digunakan untuk jaringan internet yang digunakan untuk *monitoring* cuaca berbasis *IoT*. Untuk tujuan kedua mengetahui dampak sinyal dari *obstacle* serta tanpa *obstacle* di daerah *urban*.

Pada penelitian ini menggunakan antena *helix mode axial* dengan dimensi diameter 53mm, panjang 351.6mm diameter *ground plane* 156.59 mm memiliki karakteristik standar kelayakan antena yang telah diuji di laboratorium antena dan propagasi PENS Surabaya yaitu *VSWR* 1.88, *return loss* -11.9 dB, *gain* 13.4 dBi, pola radiasi direksional, sedangkan antena *patch meanderline DGS* memiliki dimensi substrat 39mm x 105mm, *patch* 29.76mm x 85.69mm, dimensi pencatu

25.15mm x 3.155mm dengan karakteristik standar kelayakan antenna yang telah diuji di laboratorium antenna dan propagasi PENS Surabaya juga yaitu VSWR 1.13, *return loss* -24.5 dB, *gain* -6.4 dBi, pola radiasi omnidireksional.

Pengujian menggunakan *repeater* GSM yang telah terintegrasi kedua antenna tersebut dilakukan pada dua daerah yaitu daerah *rural* dan daerah *urban*. Untuk daerah *rural* dilakukan di Dusun Mojan, Desa Klungkung RT 002 RW 15, Kecamatan Sukorambi, Kabupaten Jember dengan jarak 6668m dari BTS, lalu pada daerah *urban* dengan *obstacle* di Fakultas Teknik Universitas Jember dengan jarak 450m dari BTS sedangkan tanpa *obstacle* di gedung UKM Fakultas Teknik Universitas Jember dengan jarak 1824m dari BTS. Dari hasil pengujian di daerah terbukti bahwa sebelum ada *repeater* GSM memiliki nilai sinyal *RSSI* rata-rata -87.93 dBm dalam jaringan EDGE, kemudian ketika menggunakan *repeater* GSM naik, nilai sinyal *RSSI* rata-ratanya -89.93 dBm dalam jaringan HSPA+ sehingga dapat digunakan untuk *monitoring* cuaca di daerah *rural* berbasis *IoT*. Kemudian pada pengujian di daerah *urban* terbukti bahwa *obstacle* dapat mempengaruhi kekuatan sinyal *RSSI* berikut data hasilnya ketika pengujian di Fakultas Teknik Universitas Jember menggunakan *obstacle* gedung A dan B dengan jarak 450m dari BTS, nilai rata-rata *RSSI* sebesar -76.73 dBm dalam jaringan HSPA+ (sinyal sedang) kemudian ketika pengujian di gedung ukm Fakultas Teknik lantai 3 dengan jarak 1824m dari BTS, nilai rata-rata *RSSI* sebesar -65.2 dBm dalam jaringan HSPA+ (sinyal kuat) sehingga *obstacle* gedung memiliki pelemahan sebesar -11.53 dBm.

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu pengujian di daerah *rural* Kabupaten Jember memiliki peningkatan yang sebelumnya jaringan internet EDGE menjadi jaringan internet HSPA+, lalu pada pengujian daerah *urban* Kabupaten Jember *obstacle* mempengaruhi pelemahan sinyal dari *repeater* GSM sebesar -11.53 dBm walaupun jarak *repeater* GSM ke BTS dengan *obstacle* lebih dekat daripada tanpa *obstacle*.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang maha kuasa atas segalanya, karena dengan ridho, hidayah dan petunjukNya, 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 Dodi Setiabudi, S.T., M.T. dan Bapak Widya Cahyadi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing menyelesaikan tugas akhir ini;
4. Bapak Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si. dan Bapak Alfredo Bayu Satriya, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang sudah memberikan saran untuk memperbaiki tugas akhir ini;
5. Kedua Orang tua saya Ibu Siti Fatimah dan Bapak Sutardi, yang telah membesarkan, mendidik, mendoakan tiada henti, memberi motivasi semangat, menitikkan air mata dan memberi kasih sayang yang tak pernah habis serta pengorbanannya selama ini;
6. Adik kandung saya Wahnan Rasyid Setyawan yang senantiasa menjadi inspirasi;
7. Muh. Yusuf, Hermawan Budi Sulisty, Muh. Alhasan M., dan Saiful Rizki yang sangat membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini dari pemberian semangat hingga membantu pelaksanaan di lapangan;
8. Achmad Nurul Fauzie yang senantiasa membantu dengan menggratiskan *print out* skripsi ini.

9. Keluarga besar Ristek (Kerohanian Islam Teknik) Universitas Jember yang telah memberi banyak pengalaman organisasi bidang agama hingga mendapat prestasi dalam bidang hadrah sampai menjadi pribadi yang jauh lebih baik;
10. Keluarga Jambu, Patrang 11B yang telah menjadi keluarga selama berada di kota Jember;
11. Terimakasih pula kepada KETEK UJ (Keluarga Teknik Elektro Universitas Jember) angkatan 2014 yang selalu mendampingi dan memberi semangat dimanapun berada;
12. 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, 18 Maret 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
ABSTRAK	vii
RINGKASAN	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR TABEL	xxiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Hasil Penelitian Yang Relevan	4
2.2 Antena	6
2.3 Antena Mikrostrip	7
2.3.1 Struktur Dasar Penyusun Antena Mikrostrip	8
2.3.2 Karakteristik Dasar Penyusun Antena Mikrostrip	9
2.3.3 Tipe-Tipe <i>Patch</i> Antena Mikrostrip	11
2.3.4 Jenis- Jenis Teknik Pencatuan Antena Mikrostrip	12
2.4 Parameter-Parameter Antena	15
2.4.1 Pola Radiasi	15

2.4.2	<i>Gain</i>	16
2.4.3	<i>VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)</i>	16
2.4.4	<i>Bandwidth</i>	17
2.4.5	<i>Return Loss</i>	17
2.4.6	<i>Axial Ratio</i>	18
2.5	Antena <i>Helix</i>	19
2.6	Impedansi Antena	21
2.7	Antena Mikrostrip <i>Meanderline</i>	23
2.8	<i>DGS (Defected Ground Structure)</i>	25
2.9	<i>LPWAN-IoT (Low Power Wide Area Network-Internet of Things)</i>	27
BAB 3.	METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.1.1	Tempat Penelitian	28
3.1.2	Waktu Penelitian	28
3.2	Alat dan Bahan	29
3.2.1	Perangkat Lunak (<i>software</i>)	30
3.2.2	Perangkat Keras (<i>hardware</i>)	30
3.3	Tahap Penelitian	30
3.4	Perancangan Alat	32
3.4.1	Rancang Antena <i>Helix Mode Axial</i>	32
3.4.2	Rancang Antena <i>Patch Meanderline DGS</i>	33
3.4.3	Rancang Alat <i>Monitoring</i> Cuaca Berbasis <i>IoT</i>	33
3.5	Blok Sistem	34
3.6	Diagram Alir (<i>Flowchart</i>)	35
3.6.1	Diagram Alir Perancangan Antena <i>Helix Mode Axial</i>	35
3.6.2	Diagram Alir Perancangan Antena <i>Patch Meanderline DGS</i>	36
3.6.3	Diagram Alir Alat <i>Monitoring</i> Cuaca Berbasis <i>IoT</i>	37
3.7	Perancangan Desain Alat	38
3.7.1	Perancangan Desain Antena <i>Helix Mode Axial</i>	38
3.7.2	Menentukan Frekuensi Kerja Antena <i>Helix Mode Axial</i>	38
3.7.3	Perancangan Dimensi Antena <i>Helix Mode Axial</i>	38

3.7.4 Perancangan <i>Matching Impedance</i> Antena <i>Helix Mode Axial</i> ...	40
3.7.5 Hasil Desain Perancangan Antena <i>Helix Mode Axial</i>	41
3.7.6 Perancangan Desain Antena <i>Patch Meanderline DGS</i>	45
3.7.7 Menentukan Frekuensi Kerja Antena <i>Patch Meanderline DGS</i> .	45
3.7.8 Perancangan Dimensi Antena <i>Patch Meanderline DGS</i>	46
3.7.9 Perancangan Saluran Pencatu (<i>line feeding</i>) Antena <i>Patch Meanderline DGS</i>	48
3.7.10 Perancangan DGS Antena <i>Patch Meanderline</i>	49
3.7.11 Hasil Desain Perancangan Antena <i>Patch Meanderline DGS</i>	50
3.8 Perancangan Desain Alat <i>Monitoring</i> Cuaca Berbasis <i>IoT</i> (<i>Internet of Things</i>)	61
3.8.1 Hasil Desain Perancangan Alat <i>Monitoring</i> Cuaca Berbasis <i>IoT</i> (<i>Internet of Things</i>)	61
3.8.2 Proses Pengujian Integrasi Antena <i>Helix Mode Axial</i> dan <i>Patch Meanderline</i> Menggunakan DGS pada <i>Repeater</i> GSM....	62
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	66
4.1 Pengujian Antena <i>Helix Mode Axial</i> dan <i>Patch Meanderline</i> Menggunakan DGS Secara Simulasi	66
4.1.1 Pengujian VSWR Antena <i>Helix Mode Axial</i>	66
4.1.2 Pengujian <i>Return Loss</i> Antena <i>Helix Mode Axial</i>	67
4.1.3 Pengujian <i>Gain</i> Antena <i>Helix Mode Axial</i>	68
4.1.4 Pengujian Pola Radiasi Antena <i>Helix Mode Axial</i>	69
4.1.5 Pengujian Polarisasi Antena <i>Helix Mode Axial</i>	70
4.1.6 Pengujian VSWR Antena <i>Patch Meanderline (DGS)</i>	73
4.1.7 Pengujian <i>Return Loss</i> Antena <i>Patch Meanderline (DGS)</i>	73
4.1.8 Pengujian <i>Gain</i> Antena <i>Patch Meanderline (DGS)</i>	74
4.1.9 Pengujian Pola Radiasi Antena <i>Patch Meanderline (DGS)</i>	75
4.1.10 Pengujian Polarisasi Antena <i>Patch Meanderline (DGS)</i>	76
4.2 Fabrikasi Antena <i>Helix Mode Axial</i> dan <i>Patch Meanderline</i> Menggunakan DGS	79

4.3 Pengujian Antena Helix Mode Axial dan Patch Meanderline	
Menggunakan DGS Secara Pengukuran	81
4.3.1 Pengukuran VSWR Antena <i>Helix Mode Axial</i>	82
4.3.2 Pengukuran <i>Return Loss</i> Antena <i>Helix Mode Axial</i>	84
4.3.3 Pengukuran <i>Gain</i> Antena <i>Helix Mode Axial</i>	85
4.3.4 Pengukuran Pola Radiasi Antena <i>Helix Mode Axial</i>	86
4.3.5 Pengukuran VSWR Antena <i>Patch Meanderline (DGS)</i>	90
4.3.6 Pengukuran <i>Return Loss</i> Antena <i>Patch Meanderline (DGS)</i>	91
4.3.7 Pengukuran <i>Gain</i> Antena <i>Patch Meanderline (DGS)</i>	93
4.3.8 Pengukuran Pola Radiasi Antena <i>Patch Meanderline (DGS)</i>	94
4.4 Analisis Hasil Simulasi dan Pengukuran Antena <i>Helix Mode Axial</i> dengan <i>Patch Meanderline</i> Menggunakan <i>DGS</i>	98
4.4.1 Analisis Hasil Simulasi dan Pengukuran VSWR dan <i>Return loss</i> Antena <i>Helix Mode Axial</i>	98
4.4.2 Analisis Hasil Simulasi dan Pengukuran Pola Radiasi dengan <i>Gain</i> Antena <i>Helix Mode Axial</i>	100
4.4.3 Analisis Hasil Simulasi dan Pengukuran VSWR dan <i>Return loss</i> Antena <i>Patch Meanderline (DGS)</i>	102
4.4.4 Analisis Hasil Simulasi dan Pengukuran Pola Radiasi dengan <i>Gain</i> Antena <i>Patch Meanderline (DGS)</i>	104
4.5 Hasil Rancang Alat <i>Monitoring</i> Cuaca Berbasis <i>IoT (Internet of Things)</i>	106
4.5.1 Pengujian Sensor <i>Optocoupler</i> (Kecepatan Angin)	107
4.5.2 Pengujian Sensor DHT22(Suhu dan Kelembaban)	108
4.5.3 pengujian Sensor <i>Rain Drop</i> (Hujan)	108
4.6 Implementasi Antena Tanpa <i>Repeater</i> Serta Menggunakan <i>Repeater</i> Pada Sistem <i>Monitoring</i> Cuaca Berbasis <i>IoT</i> Di Daerah <i>Rural</i>	109
4.6.1 Pengujian Antena Tanpa <i>Repeater</i> Di Daerah <i>Rural</i>	109
4.6.2 Pengujian Antena Menggunakan <i>Repeater</i> Di Daerah <i>Rural</i> Untuk <i>Monitoring</i> Cuaca Berbasis <i>IoT</i>	111

4.7 Implementasi Antena Dengan <i>Obstacle</i> Dan Tanpa <i>Obstacle</i>	
Pada Sistem <i>Monitoring</i> Cuaca Berbasis <i>IoT</i> Di Daerah <i>Urban</i> ..	116
4.7.1 Pengujian Antena Dengan <i>Obstacle</i> Di Daerah <i>Urban</i> Untuk	
<i>Monitoring</i> Cuaca Berbasis <i>IoT</i>	116
4.7.2 Pengujian Antena Tanpa <i>Obstacle</i> Di Daerah <i>Urban</i> Untuk	
<i>Monitoring</i> Cuaca Berbasis <i>IoT</i>	119
BAB 5 PENUTUP	124
5.1 Kesimpulan	124
5.2 Saran	125
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Garis Radiasi Antena	7
Gambar 2.2 Struktur Dasar Antena Mikrostrip	9
Gambar 2.3 Tipe <i>Patch</i> Antena Mikrostrip	11
Gambar 2.4 <i>Coaxial Feeding</i>	12
Gambar 2.5 <i>Line Feeding</i>	13
Gambar 2.6 <i>Proximity Coupling</i>	13
Gambar 2.7 <i>Aperture Coupling</i>	14
Gambar 2.8 <i>Copelantar Waveguide</i>	14
Gambar 2.9 Set Koordinat Sistem Analisis Antena	15
Gambar 2.10 Bentuk Antena <i>Helix</i>	19
Gambar 2.11 Bentuk Dasar Antena Helix dan Hubungan Antara D,S,C,L	19
Gambar 2.12 Kiri = <i>Mode Normal</i> , Kanan = <i>Mode Axial</i>	21
Gambar 2.13 Spasi Diatas <i>Ground Plane</i>	23
Gambar 2.14 Mikrostrip <i>Meanderline</i>	23
Gambar 2.15 Cakupan Wilayah <i>LPWAN</i>	27
Gambar 3.1 Tahap Penelitian	31
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem <i>Monitoring</i> Cuaca Berbasis <i>IoT</i> Yang Sudah Ter-Cover Sinyal Dari <i>Repeater GSM</i>	34
Gambar 3.3 Diagram Alir Perancangan Antena <i>Helix Mode Axial</i>	35
Gambar 3.4 Diagram Alir Perancangan Antena <i>Patch Meanderline</i> Dengan <i>DGS(Defected Ground Structure)</i>	36
Gambar 3.5 Diagram Alir Perancangan Sistem <i>Monitoring</i> Cuaca Berbasis <i>IoT</i>	37
Gambar 3.6 Desain Antena <i>Helix Mode Axial</i> Secara Simulasi	41
Gambar 3.7 Desain Antena <i>Helix Mode Axial</i> Beserta Dimensi (Tampak Samping).....	42
Gambar 3.8 Desain Antena <i>Helix Mode Axial</i> Beserta Dimensi(Tampak Atas).....	42

Gambar 3.9 Desain Antena <i>Helix Mode Axial</i> Beserta Dimensi (<i>Matching Impedance</i>)	43
Gambar 3.10 Grafik VSWR Antena <i>Helix Mode Axial</i>	44
Gambar 3.11 Grafik <i>Return Loss</i> Antena <i>Helix Mode Axial</i>	44
Gambar 3.12 <i>Gain</i> 3D Antena <i>Helix Mode Axial</i>	45
Gambar 3.13 Antena <i>Patch Meanderline</i> Sebelum Menggunakan <i>DGS</i>	50
Gambar 3.14 Antena <i>Patch Meanderline</i> Sebelum Menggunakan <i>DGS</i> Beserta Dimensi (Tampak Atas).....	51
Gambar 3.15 Antena <i>Patch Meanderline</i> Sebelum Menggunakan <i>DGS</i> Beserta Dimensi (Tampak Bawah).....	51
Gambar 3.16 Grafik VSWR Antena <i>Patch Meanderline</i> Sebelum Menggunakan <i>DGS</i>	52
Gambar 3.17 Grafik <i>Return loss</i> Antena <i>Patch Meanderline</i> Sebelum Menggunakan <i>DGS</i>	52
Gambar 3.18 <i>Gain</i> 3D Antena <i>Patch Meanderline</i> Sebelum Menggunakan <i>DGS</i>	53
Gambar 3.19 Antena <i>Patch Meanderline</i> Sesudah Menggunakan <i>DGS</i> Secara Simulasi	53
Gambar 3.20 Antena <i>Patch Meanderline</i> Sesudah Menggunakan <i>DGS</i> Beserta Dimensi (Tampak Bawah).....	54
Gambar 3.21 Grafik VSWR Antena <i>Patch Meanderline</i> Sesudah Menggunakan <i>DGS</i>	54
Gambar 3.22 Grafik <i>Return loss</i> Antena <i>Patch Meanderline</i> Sesudah Menggunakan <i>DGS</i>	55
Gambar 3.23 <i>Gain</i> 3D Antena <i>Patch Meanderline</i> Sesudah Menggunakan <i>DGS</i>	55
Gambar 3.24 Hasil Perancangan Antena <i>Patch Meanderline</i> Menggunakan <i>DGS</i> Setelah Iterasi (Tampak Depan)	58
Gambar 3.25 Hasil Perancangan Antena <i>Patch Meanderline</i> Menggunakan <i>DGS</i> Setelah Iterasi (Tampak Belakang)	59

Gambar 3.26 Grafik VSWR Antena <i>Patch Meanderline</i> Menggunakan <i>DGS</i> Setelah Proses Iterasi	59
Gambar 3.27 Grafik <i>Return Loss</i> Antena <i>Patch Meanderline</i> Menggunakan <i>DGS</i> Setelah Proses Iterasi	60
Gambar 3.28 <i>Gain</i> 3D Antena <i>Patch Meanderline</i> Menggunakan <i>DGS</i> Setelah Proses Iterasi	60
Gambar 3.29 Desain Alat <i>Monitoring</i> Cuaca Berbasis <i>IoT (Internet of Things)</i>	61
Gambar 3.30 Skema <i>Monitoring</i> Cuaca Berbasis <i>IoT (Internet of Things)</i>	62
Gambar 3.31 <i>Repeater</i> GSM	63
Gambar 3.32 Pengujian Antena <i>Repeater</i>	63
Gambar 3.33 Hasil <i>Screenshot Network Coverage</i> Operator Telkomsel.....	64
Gambar 3.34 Hasil <i>Screenshot Software Android Network Cell Info Lite</i> Operator Telkomsel	64
Gambar 4.1 Hasil Pengujian VSWR Antena <i>Helix Mode Axial</i>	67
Gambar 4.2 Hasil Pengujian <i>Return Loss</i> Antena <i>Helix Mode Axial</i>	67
Gambar 4.3 <i>Gain</i> 3D Antena <i>Helix Mode Axial</i> Dalam Satuan dBm	68
Gambar 4.4 Pola Radiasi Antena <i>Helix Mode Axial</i> Sudut Theta (Bidang H) ...	69
Gambar 4.5 Pola Radiasi Antena <i>Helix Mode Axial</i> Sudut Phi (Bidang E).....	69
Gambar 4.6 Polarisasi Antena <i>Helix Mode Axial</i>	70
Gambar 4.7 Hasil Pengujian VSWR Antena <i>Patch Meanderline (DGS)</i>	73
Gambar 4.8 Hasil Pengujian <i>Return Loss</i> Antena <i>Patch Meanderline (DGS)</i> ...	74
Gambar 4.9 <i>Gain</i> 3D Antena <i>Patch Meanderline (DGS)</i> Dalam Satuan dBm... 74	
Gambar 4.10 Pola Radiasi Antena <i>Patch Meanderline (DGS)</i> Sudut Theta (Bidang H).....	75
Gambar 4.11 Pola Radiasi Antena <i>Patch Meanderline (DGS)</i> Sudut Phi (Bidang E)	76
Gambar 4.12 Polarisasi Antena <i>Patch Meanderline (DGS)</i>	76
Gambar 4.13 Antena <i>Helix Mode Axial</i> Tampak Atas.....	79
Gambar 4.14 Antena <i>Helix Mode Axial</i> Tampak Bawah.....	79
Gambar 4.15 Antena <i>Helix Mode Axial</i> Tampak Samping.....	80
Gambar 4.16 Antena <i>Patch Meanderline DGS</i> Tampak Depan	81

Gambar 4.17 Antena <i>Patch Meanderline DGS</i> Tampak Belakang.....	81
Gambar 4.18 <i>Vector Network Analyzer (VNA)</i> ANRITSU MS2034B	82
Gambar 4.19 Grafik <i>VSWR</i> Antena <i>Helix Mode Axial</i>	83
Gambar 4.20 Grafik <i>Return Loss</i> Antena <i>Helix Mode Axial</i>	85
Gambar 4.21 Pengukuran Pola Radiasi Antena <i>Helix Mode Axial</i> (Bidang H)..	86
Gambar 4.22 Pengukuran Pola Radiasi Antena <i>Helix Mode Axial</i> (Bidang E)..	87
Gambar 4.23 Pola Radiasi Antena <i>Helix Mode Axial</i> Bidang H dan E	88
Gambar 4.24 Grafik <i>VSWR</i> Antena <i>Patch Meanderline (DGS)</i>	91
Gambar 4.25 Grafik <i>Return Loss</i> Antena <i>Patch Meanderline (DGS)</i>	93
Gambar 4.26 Pengukuran Pola Radiasi Antena <i>Patch Meanderline DGS</i> Bidang H.....	94
Gambar 4.27 Pengukuran Pola Radiasi Antena <i>Patch Meanderline DGS</i> Bidang E	95
Gambar 4.28 Pola Radiasi Antena <i>Patch Meanderline DGS</i> Bidang H dan E...	96
Gambar 4.29 Grafik <i>VSWR</i> Simulasi Dan Pengukuran Antena <i>Helix</i> <i>Mode Axial</i>	98
Gambar 4.30 Grafik <i>Return Loss</i> Simulasi Dan Pengukuran Antena <i>Helix</i> <i>Mode Axial</i>	99
Gambar 4.31 Pola Radiasi Antena <i>Helix Mode Axial</i> Sudut Theta (Bidang H) Secara Simulasi.....	100
Gambar 4.32 Pola Radiasi Antena <i>Helix Mode Axial</i> Sudut Theta (Bidang H) Secara Pengukuran	100
Gambar 4.33 Pola Radiasi Antena <i>Helix Mode Axial</i> Sudut Phi (Bidang E) Secara Simulasi	101
Gambar 4.34 Pola Radiasi Antena <i>Helix Mode Axial</i> Sudut Phi (Bidang E) Secara Pengukuran	101
Gambar 4.35 Grafik <i>VSWR</i> Simulasi Dan Pengukuran Antena <i>Patch Meanderline</i> <i>DGS</i>	102
Gambar 4.36 Grafik <i>Return Loss</i> Simulasi Dan Pengukuran Antena <i>Patch</i> <i>Meanderline DGS</i>	103

Gambar 4.37 Pola Radiasi Antena <i>Patch Meanderline DGS</i> Sudut Theta (Bidang H) Secara Simulasi	104
Gambar 4.38 Pola Radiasi Antena <i>Patch Meanderline DGS</i> Sudut Theta (Bidang H) Secara Pengukuran	104
Gambar 4.39 Pola Radiasi Antena <i>Patch Meanderline DGS</i> Sudut Phi (Bidang E) Secara Simulasi	105
Gambar 4.40 Pola Radiasi Antena <i>Patch Meanderline DGS</i> Sudut Phi (Bidang E) Secara Pengukuran	105
Gambar 4.41 Hasil Alat <i>Monitoring</i> Cuaca Berbasis <i>IoT</i>	106
Gambar 4.42 Skema Uji Antena Untuk <i>Monitoring</i> Cuaca Berbasis <i>IoT</i> Di Daerah <i>Rural</i>	109
Gambar 4.43 Proses Pengambilan Data Tanpa <i>Repeater</i> Di Daerah <i>Rural</i>	110
Gambar 4.44 Proses Pengambilan Data Menggunakan <i>Repeater</i> Di Daerah <i>Rural</i>	112
Gambar 4.45 Jarak Lokasi Dari BTS (6668 meter) Dengan <i>Repeater</i> Di Daerah <i>Rural</i>	113
Gambar 4.46 Pengambilan Data Menggunakan <i>Obstacle</i> Gedung Di Daerah <i>Urban</i>	116
Gambar 4.47 Jarak Lokasi Dari BTS (450 meter) Dengan <i>Obstacle</i> Di Daerah <i>Urban</i>	117
Gambar 4.48 Pengambilan Data Tanpa <i>Obstacle</i> Di Daerah <i>Urban</i>	120
Gambar 4.49 Jarak Lokasi Dari BTS (1824 meter) Tanpa <i>Obstacle</i> Di Daerah <i>Urban</i>	120

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Matrik Permasalahan	4
Tabel 2.2 Jenis-Jenis <i>Substrate Dielectric</i>	10
Tabel 2.3 Kategori <i>RSSI (Received Signal Strength Indicator)</i> GSM dan 3G/HSPA	27
Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	28
Tabel 3.2 Bahan Antena <i>Helix Mode Axial</i>	38
Tabel 3.3 Dimensi Antena <i>Helix Mode Axial</i> Dengan Perhitungan Matematis..	40
Tabel 3.4 Data <i>Matching Impedance</i> Antena <i>Helix Mode Axial</i>	41
Tabel 3.5 Karakteristik <i>Substrate</i> FR-4 Epoxy	46
Tabel 3.6 Dimensi Antena <i>Patch Meanderline</i> Dengan Perhitungan Matematis <i>DGS (Defected Ground Structure)</i>	50
Tabel 3.7 Hasil Iterasi Antena <i>Patch Meanderline</i> Sebelum Dan Sesudah <i>DGS</i> <i>(Defected Ground Structure)</i>	57
Tabel 3.8 Dimensi Iterasi Antena <i>Patch Meanderline</i> Menggunakan <i>DGS</i> <i>(Defected Ground Structure)</i>	58
Tabel 3.9 Data <i>Sheet Repeater</i> GSM Penguat Sinyal	62
Tabel 3.10 Pengujian Antena <i>Repeater</i> Pada Daerah <i>Rural</i> (Miskin Sinyal)	64
Tabel 3.11 Pengujian Antena <i>Repeater</i> Pada Daerah Urban Tanpa <i>Obstacle</i>	65
Tabel 3.12 Pengujian Antena <i>Repeater</i> Pada Daerah Urban Dengan <i>Obstacle</i> ..	65
Tabel 3.13 Pengujian Alat <i>Monitoring</i> Cuaca Berbasis <i>IoT(Internet of Things)</i>	65
Tabel 4.1 Analisa Parameter Antena <i>Helix Mode Axial</i> Secara Simulasi.....	71
Tabel 4.2 Analisa Parameter Antena <i>Patch Meanderline (DGS)</i> Secara Simulasi	77
Tabel 4.3 Nilai <i>VSWR</i> Antena <i>Helix Mode Axial</i>	82
Tabel 4.4 Nilai <i>Return Loss</i> Antena <i>Helix Mode Axial</i>	84
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran <i>Gain</i> Antena <i>Helix Mode Axial</i>	86
Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Pola Radiasi Antena <i>Helix Mode Axial</i>	87
Tabel 4.7 Analisa Parameter Antena <i>Helix Mode Axial</i> Pada Pengukuran.....	89
Tabel 4.8 Nilai <i>VSWR</i> Menggunakan <i>Vector Network Analyzer (VNA)</i>	90

Tabel 4.9 Nilai <i>Return Loss</i> Antena <i>Patch Meanderline</i> Menggunakan <i>DGS</i> ...	91
Tabel 4.10 Hasil Pengukuran <i>Gain</i> Antena <i>Patch Meanderline DGS</i>	94
Tabel 4.11 Hasil Pengukuran Pola Radiasi Antena <i>Patch Meanderline DGS</i>	95
Tabel 4.12 Analisa Parameter Antena <i>Patch Meanderline DGS</i> Pada Pengukuran.....	97
Tabel 4.13 Hasil Simulasi Dan Pengukuran Antena <i>Helix Mode Axial</i>	99
Tabel 4.14 Hasil Simulasi Dan Pengukuran <i>Gain</i> Antena <i>Helix Mode Axial</i> ...	102
Tabel 4.15 Hasil Simulasi Dan Pengukuran Antena <i>Patch Meanderline DGS</i>	103
Tabel 4.16 Hasil Simulasi Dan Pengukuran <i>Gain</i> Antena <i>Patch Meanderline</i> <i>DGS</i>	106
Tabel 4.17 Hasil Pengujian Sensor <i>Optocoupler</i> (Kecepatan Angin).....	107
Tabel 4.18 Hasil Pengujian Sensor DHT22 (Suhu dan Kelembaban)	108
Tabel 4.19 Hasil Pengujian Sensor <i>Rain Drop</i> (Hujan).....	108
Tabel 4.20 Data Hasil <i>Record Software Network Cell Info Lite</i> Tanpa <i>Repeater</i> Di Daerah <i>Rural</i>	110
Tabel 4.21 Data Hasil <i>Record Software Network Cell Info Lite</i> Dengan <i>Repeater</i> Di Daerah <i>Rural</i>	113
Tabel 4.22 Hasil Pengujian Alat <i>Monitoring</i> Cuaca Berbasis <i>IoT (Internet of</i> <i>Things)</i> Di Daerah <i>Rural</i>	115
Tabel 4.23 Data Hasil <i>Record Software Network Cell Info Lite</i> Dengan <i>Obstacle</i> Di Daerah <i>Urban</i>	117
Tabel 4.24 Hasil Pengujian Alat <i>Monitoring</i> Cuaca Berbasis <i>IoT (Internet of</i> <i>Things)</i> Di Daerah <i>Urban</i> Melalui <i>Obstacle</i>	118
Tabel 4.25 Data Hasil <i>Record Software Network Cell Info Lite</i> Tanpa <i>Obstacle</i> Di Daerah <i>Urban</i>	121
Tabel 4.26 Hasil Pengujian Alat <i>Monitoring</i> Cuaca Berbasis <i>IoT (Internet of</i> <i>Things)</i> Di Daerah <i>Urban</i> Tanpa <i>Obstacle</i>	122

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Repeater sinyal adalah perangkat yang digunakan untuk meningkatkan kualitas sinyal area lokal. *Repeater* biasanya terdiri dari antena penerima, sinyal *amplifier* dan antena *rebroadcast* (Wicaksono & Zahra, 2011). Pada bagian antena penerima maupun antena *rebroadcast* akan membutuhkan sebuah antena yang mengkonversikan energi listrik menjadi energi elektromagnetik begitu sebaliknya.

Antena dibuat karena memiliki karakteristik dan kebutuhannya masing-masing, setiap dimensi antena mempunyai pancaran dengan kekuatan yang berbeda-beda yang disebut radiasi. Pada komunikasi daerah *rural* yang miskin sinyal membutuhkan antena donor yang mempunyai pola radiasi direksional (satu arah) dan *gain* yang besar yaitu berupa antena *helix*. Antena *helix* memiliki karakteristik yaitu berbentuk seperti pegas, memiliki jarak antar lilitan, diameter lilitan dan jumlah lilitan yang dapat diatur sesuai kebutuhan. Sedangkan pada antena *rebroadcast* atau memancarkan kembali, membutuhkan antena omnidireksional (segala arah) karena untuk mencakup semua wilayah yaitu berupa antena mikrostrip. Antena mikrostrip merupakan antena yang *low profile* dan sangat efisien jika digunakan pada proses pentransmisian antena *rebroadcast* karena memiliki ukuran *compact*, ringan dan mudah dibentuk. Antena mikrostrip memiliki 3 elemen yaitu elemen peradiasi (*radiator*), elemen substrat (*substrate*) dan elemen pentanahan (*ground*) (Rambe, 2008). Antena ini memiliki dimensi yang kecil, ringan, tipis, mudah difabrikasi sehingga cocok untuk masyarakat daerah *rural*. Tetapi antena ini juga memiliki kekurangan yaitu *bandwidth* sempit, *gain* rendah dan timbulnya gelombang permukaan (*surface wave*). Gelombang permukaan timbul karena terjebaknya gelombang di dalam *substrate* saat antena mikrostrip meradiasikan gelombang ke udara.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Manchanda, Hatwar dan Abhishek, 2014) dengan judul *Design of Meanderline Antenna for Operating Frequency of 2.5 GHz*. Antena *meanderline* dalam penelitian tersebut memiliki pola radiasi omnidireksional sehingga cocok untuk antena *rebroadcast* selain itu

juga memiliki *gain* yang cukup besar jika dibandingkan dengan antenna mikrostrip lainnya, tetapi dalam proses pembuatan *ground* masih *default* sehingga perlu ada pengembangan untuk meningkatkan efisiensi dan *gain*. Lalu pada penelitian yang dilakukan oleh (Jangid, Sharma, Saxena, Bhatnagar dan Kulhar, 2015) yang berjudul *Design of Compact Microstrip Patch Antenna with DGS Structure for WLAN & Wi-MAX Applications* menjelaskan bahwa menggunakan DGS (*Defected Ground Structure*) untuk meningkatkan *gain* sampai bernilai 3,22 dB.

Dari rujukan beberapa jurnal tersebut telah memberikan ide dan gagasan kepada penulis untuk menawarkan solusi dengan membuat judul Analisis Perancangan Antena *Helix Mode Axial* dan *Patch Meanderline* Menggunakan *DGS (Defected Ground Structure)* untuk Aplikasi *LPWAN (Low Power Wide Area Networks)* Berbasis *IoT* di Daerah *Rural* yang bekerja pada frekuensi 1710-1880 MHz. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat sebuah antenna dengan *gain* yang besar untuk memperkuat sinyal *LPWAN (Low Power Wide Area Networks)* di daerah *rural*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, ada beberapa hal masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana merancang antenna *helix mode axial* dan antenna *patch meanderline* menggunakan *DGS* dengan *gain* besar pada frekuensi 1710-1880 MHz ?
2. Bagaimana mengintegrasikan antenna *helix mode axial* dan antenna *patch meanderline* menggunakan *DGS* pada *repeater* untuk *monitoring* cuaca berbasis *IoT* ?
3. Bagaimana cara menganalisis kinerja antenna *helix mode axial* dan antenna *patch meanderline* di lapangan ?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah penelitian diatas, supaya pembahasan tidak terlalu luas maka diperlukan suatu pembatasan masalah yaitu :

1. Antena didesain bekerja pada frekuensi 1710-1880 MHz.
2. Dalam pencarian *blank spot* BTS menggunakan data www.nperf.com dan *software android network cell info lite*.
3. *Monitoring* cuaca berbasis *IoT (Internet of Thing)* menggunakan arduino dengan parameter sensor *optocoupler*, sensor *rain drop*, sensor DHT22 yang ditampilkan di ThingSpeak™.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian yang diusulkan dalam tugas akhir ini memiliki beberapa tujuan diantaranya yaitu :

1. Mampu merancang antena *helix mode axial* dan antena *patch meanderline* menggunakan *DGS* dengan *gain* besar pada frekuensi 1710-1880 MHz.
2. Mampu mengintegrasikan antena *helix mode axial* dan antena *patch meanderline* menggunakan *DGS* pada *repeater* untuk *monitoring* cuaca berbasis *IoT*.
3. Dapat menganalisis kinerja antena *helix mode axial* dan antena *patch meanderline* di lapangan.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberi manfaat yaitu :

1. Mampu mengoptimalkan daya tangkap sinyal *RSSI (Received Signal Strength Indicator)* GSM di daerah *rural* yang miskin sinyal.
2. Mampu *monitoring* cuaca daerah *rural* berbasis *IoT (Internet of Thing)* di ThingSpeak™.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada tinjauan pustaka ini, dibuat sebagai bahan dasar acuan penulis untuk melakukan sebuah penelitian tugas akhir. Selain itu tinjauan pustaka juga sebagai memperluas wawasan dan mengembangkan ilmu pengetahuan yang telah ada sehingga bidang yang diteliti akan mengalami perkembangan.

2.1 Hasil Penelitian Yang Relevan

Pada bagian ini berisikan tentang tinjauan penelitian yang sudah ada dengan penelitian yang akan dikerjakan sebagai bahan perbandingan penulis.

Tabel 2.1 Matrik Permasalahan

No	Masalah	Solusi	Judul Jurnal	Nama (Tahun)
1.	Array antena yang banyak berjumlah 16 mengakibatkan ukuran semakin besar dan biaya fabrikasi menjadi mahal	Membuat antena mikrostrip tanpa array dengan tambahan DGS (<i>Defected Ground Structure</i>) supaya tetap <i>compact</i>	<i>High Gain 2.4GHz Patch Antenna Array for Rural Area Application</i>	Aji, Wibisono dan Munir (2016)
2.	Cara meningkatkan <i>gain</i> dari antena mikrostrip	Membuat antena dengan cara meng- <i>etch ground</i> sehingga <i>gain</i> menjadi besar	<i>Design of Compact Microstrip Patch Antenna with DGS Structure for WLAN & Wi-MAX Applications</i>	Jangid, Sharma, Saxena dan Bhatnagar (2015)
3.	Pembuatan antena dengan <i>full ground</i> membuat <i>surface wave</i> terjebak di <i>ground plane</i> tersebut	Membuat antena mikrostrip tersebut dengan tambahan DGS (<i>Defected Ground Structure</i>) supaya <i>surface wave</i> tidak terjebak dalam <i>ground</i>	<i>Design of Meanderline Antenna for Operating Frequency of 2.5 GHz</i>	Manchanda, Hatwar dan Abhishek (2014)

4.	Membuat antena dengan rentang 3 GHz yang sebelumnya 5.7 GHz	Menggunakan <i>DGS (Defected Ground Structure)</i>	<i>Miniaturized Microstrip Patch Antenna with Defected Ground Structure</i>	Elftouh, Touhami, Aghoutane, Safae, Tazon dan Boussouis (2014)
5.	Meningkatkan konektivitas internet <i>broadband</i> daerah <i>rural</i> Bangladesh	Membuat sebuah <i>repeater</i> dengan <i>gain</i> antena yang besar	<i>Towards an IEEE 802.22 (WRAN) Based Wireless Broadband for Rural Bangladesh-Antenna Design and Coverage Planning</i>	Haider, Rahman, Noor, Alam dan Huq (2017)
6.	Munculnya <i>back lobe</i>	Merancang lebar <i>ground plane</i> dengan tepat	Pengembangan Antena Heliks X-Band 8,2 GHz untuk Satelit Mikro	Faizal (2016)
7.	Pengaruhnya bahan antena <i>helix</i> terhadap stabilitas sinyal	Menggunakan bahan berdasar kawat karena lebih stabil sinyal penangkapannya	Pengaruh Material <i>Helix</i> (Lilitan) Terhadap Kekuatan Sinyal Yang Dipancarkan Antena Helix 2,4GHz	Yuliandoko dan Ayatullah (2014)
8.	Merancang antena <i>helix</i> dengan <i>gain</i> yang besar	Memakai lilitan yang berjumlah banyak yaitu 10lilitan	Perancangan Antena Helix untuk Meningkatkan Daya Terima Sinyal GSM 900 yang Memiliki Level Daya Rendah	Dwijayatno, Christyono dan Santoso (2014)

Dari hasil penelitian pada tabel 2.1, pada penelitian Aji, Wibisono dan Munir (2016) terlihat bahwa kelebihan *array* membuat ukuran semakin besar, maka dari itu cukup membuat antena mikrostrip tanpa *array* dengan tambahan *DGS (Defected Ground Structure)* supaya tetap *compact* dan memiliki *gain* yang besar. Lalu menurut pendapat Jangid, Sharma, Saxena dan Bhatnagar (2015) menyatakan bahwa untuk meningkatkan *gain* menggunakan *DGS (Defected Ground Structure)* dengan peningkatan *gain* 3 dBi. Kemudian pada penelitian

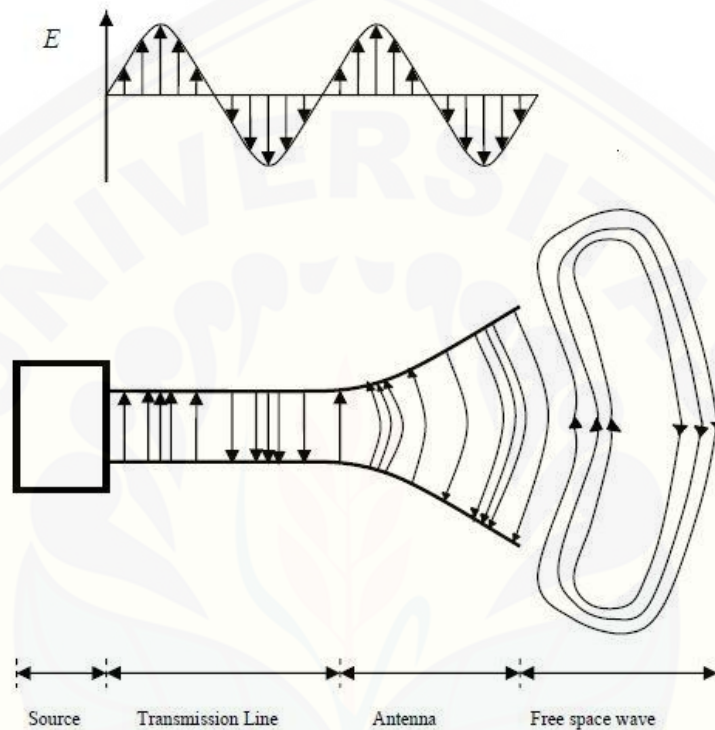
Manchanda, Hatwar dan Abhishek (2014) terlihat bahwa pembuatan antena dengan *full ground* membuat *surface wave* terjebak di *ground* tersebut, yang hanya memiliki gain sebesar 7dB. Kemudian pada penelitian Elftouh, Touhami, Aghoutane, Safae, Tazon dan Boussouis (2014) menggunakan *DGS (Defected Ground Structure)* untuk menggeser frekuensi resonansi dari 5.7 GHz ke 3 GHz. Terakhir pada penelitian Haider, Rahman Noor Alam dan Huq (2017) menjelaskan bahwa membutuhkan antena *gain* yang besar untuk meningkatkan konektivitas internet *broadband* daerah *rural* di Bangladesh. Selanjutnya dalam penelitian Faizal (2016) terdapat masalah yaitu munculnya *back lobe* karena pemakaian lebar *ground plane* yang tidak tepat, sehingga perlu ada tambahan lebar *ground plane*. Lalu pada penelitian Yuliandoko dan Ayatullah (2014) pemilihan bahan dalam pembuatan antena *helix* penangkapan sinyalnya lebih stabil memakai kawat. Kemudian pada penelitian Dwijayatno, Christyono dan Santoso penambahan jumlah lilitan *helix* dapat meningkatkan *gain*.

Berdasarkan penjelasan beberapa jurnal di atas dapat diambil beberapa poin penting yaitu membuat antena yang memiliki *gain* besar. Maka dari itu, penulis akan melakukan penelitian tentang Analisis Perancangan Antena *Helix Mode Axial* dan *Patch Meanderline* Menggunakan *DGS (Defected Ground Structure)* untuk Aplikasi *LPWAN (Low Power Wide Area Networks)* Berbasis *IoT* di Daerah *Rural* yang bekerja pada frekuensi 1710-1880 MHz.

2.2 Antena

Antena merupakan sebuah perangkat yang terbuat dari logam serta mampu merubah energi listrik menjadi energi elektromagnetik begitu sebaliknya merubah energi elektromagnetik menjadi energi listrik. Dalam hal ini antena bertindak dalam hal transisi perangkat piranti pemandu dengan ruang bebas. Menurut (Wahana Komputer: 2006), Antena adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk memperkuat sinyal dari sisi pengirim sinyal, maksudnya yaitu dari sebuah *server* mengirimkan sinyal melalui *transmitter* kemudian diterima oleh sisi penerima melalui *receiver*. Secara garis besar antena dapat dibedakan menjadi antena *transmitter* dan antena *receiver* (Balanis C.A., 2005).

Radiasi terbentuk ketika tegangan sinusoidal diterapkan di saluran transmisi yang sebelumnya tegangan sumber terhubung oleh saluran transmisi dua konduktor, medan listrik menghasilkan sinusoidal di alam serta menghasilkan arus listrik (garis listrik) dari energi tangensial. Besarnya medan listrik ditunjukkan oleh *bunching* dari energi arus listrik. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.1 :



Gambar 2.1 Garis Radiasi Antena

Sumber : (Balanis C.A., 2005)

2.3 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah antena yang berbentuk tipis serta fleksibel dalam pembuatannya. Antena mikrostrip memiliki 3 bagian elemen yang berbeda, yaitu *substrate*, *patch* dan *ground* (Alsager, 2011). Antena mikrostrip ini berawal dari inovasi bagaimana menggunakan *printed circuit technology* yang tidak hanya bekerja untuk komponen rangkaian dan saluran transmisi sistem elektronika namun juga digunakan sebagai elemen peradiasi. Antena mikrostrip adalah antena antena kecil yang terbuat dari plat PCB. PCB ini sering kita temukan pada elektronika arus lemah, yang berbentuk lajur pipih diatas *substrate*.

Berikut adalah kelebihan dari penggunaan antena mikrostrip antara lain:

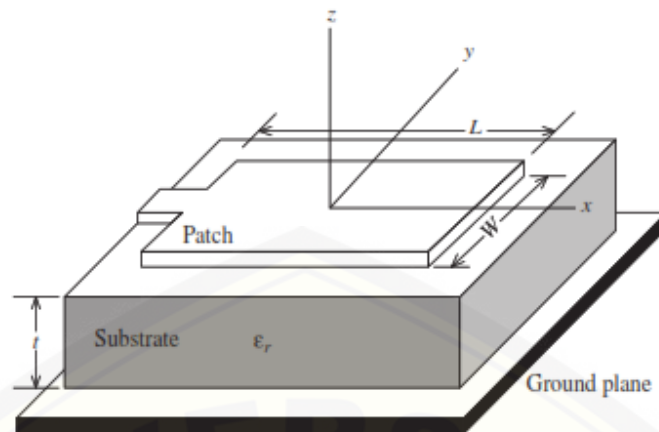
1. *Low profile* yaitu memiliki dimensi kecil dan ringan.
2. Pembuatan atau fabrikasi yang murah.
3. Polarisasi tergantung teknik pencatuan.
4. Dapat diintegrasikan dengan rangkaian elektronika lainnya dengan mudah.
5. Memungkinkan untuk dibuat *dual-frequency* dan *dual-polarization*.

Selain memiliki kelebihan antena mikrostrip ini juga memiliki kekurangan antara lain yaitu

1. Memiliki *bandwidth* yang sempit.
2. *Gain* yang rendah.
3. Kemurnian polarisasi sulit dicapai.
4. Munculnya gelombang permukaan (*surface wave*)
5. Hanya dapat menangani daya yang rendah.

2.3.1 Struktur Dasar Penyusun Antena Mikrostrip

Mikrostrip berasal dari dua kata, yaitu *micro* (sangat tipis/kecil) dan *strip* (bilah/potongan). Secara umum, antena mikrostrip terdiri atas 3 bagian yaitu *patch*, *substrate* dan *ground plane*. *Substrate* sendiri terletak diantara *patch* yang berada di posisi atas *substrate* dan *ground plane* yang terletak dibawah *substrate* (Stutzman & Thiele, 2013). Posisi antena tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2, antena mikrostrip ini memiliki bentuk yang ringan, dan mudah di fabrikasi. Antena mikrostrip sangat sesuai dengan kebutuhan saat ini karena dapat diintegrasikan dengan peralatan telekomunikasi.



Gambar 2.2 Struktur Dasar Antena Mikrostrip

Sumber : (Stutzman & Thiele, 2013)

2.3.2 Karakteristik Dasar Penyusun Antena Mikrostrip

Dari penjelasan diatas dapat diuraikan beberapa kategori komponen penyusun antena mikrostrip beserta karakteristiknya yaitu :

1. *Pacth*

Patch merupakan bahan konduktor yang terletak diatas *substrate*, terbuat dari tembaga maupun emas yang mempunyai bentuk bermacam-macam dan karakteristik sendiri, seperti persegi, lingkaran, segitiga maupun persegi panjang. *Patch* ini memiliki fungsi meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara, begitu sebaliknya menerima gelombang elektromagnetik dari udara kemudian dirubah menjadi energi listrik.

2. *Substrate dielectric*

Substrate tersusun atas bahan-bahan dielektrik yang memiliki ketebalan (h) sebesar $0,002\lambda_0 - 0,005\lambda_0$ berfungsi untuk menyalurkan GEM dari pencatuan. *Substrate* ini memiliki karakteristik yaitu dapat mempengaruhi *bandwidth*. Seiring bertambahnya ketebalan *substrate* akan memperbesar *bandwidth*.

Tabel 2.2 Jenis-Jenis *Substrate Dielectric*

ϵ_r	Bahan	Supplier
1.0	<i>Aeroweb (honeycomb)</i>	<i>Ciba Geigy, Bonded Structures Div., Duxford, Cambridge, CB2 4QD</i>
1.06	<i>Eccofoam PP-4 (flexible low-loss plastic foam sheet)</i>	Emerson & Cumming Inc, Canton, Massachusetts, USA (Colville Road, Acton, London. W3 8BU, UK)
1.4	<i>Thermoset microwave foam material</i>	Rogers Corp., Bo 700, Chandler, AZ 85224, USA. (Mektron Circuit Systems Ltd., 119 Kingston Road, Leatherhead, Surrey, UK)
2.1	RT Duroid 5880 (<i>microfiber Teflon glass laminate</i>)	Rogers Corp
2.32	Polyguide 165 (<i>polyolefin</i>)	Electronized Chemical Corp., Burlington, MA 01803, USA
2.52	Fluorglas 6001 1 (<i>PTFE impregnated glass cloth</i>)	Atlantic Laminates, Oak Materials Group, 174 N. Main St., Franklin, MH 0323, USA. (Walmore Defence Components, Laser House, 1321140 Goswell Road, London, EC1V 7LE)
2.62	Rexolite 200 (<i>cross-linked styrene copolymer</i>)	Atlantic Laminates
3.20	Schaefer Dielectric Material, PT (<i>polystyrene with titania filler</i>)	Marconi Electronic Devices Ltd., Radford Crescent, Billericay, Essex, CM12 0DN, UK
3.5	Kapton film (<i>copper clad</i>)	Dupont (Fortin Laminating Ltd., Unit 3, Brookfield Industrial Estate, Glossop, Derbyshire, UK)
3.75	Quartz (<i>fused silica</i>)	A & D Lee Co. Ltd., Unit 19, Marlissa Drive, Midland Oak Trading Estate, Lythalls Lane, Coventry, U
6.0	RT Duroid 6006 (<i>ceramic-loaded PTFE</i>)	Rogers corp.,
9.9	Alumina	Omni Spectra Inc, 24600 Hallwood Ct. Farmington, Michigan, 48024, US Omni Spectra, 50 Milford Road, eading, Berks, RGI 8LJ, UK)
10.2	RT Duroid 6010 (<i>ceramic-loaded PTFE</i>)	Rogers Corp.,
11	Sapphire	Tyco Saphikin (A & D Lee Co Ltd., Unit 19, Marlissa Drive, Midland Oak Trading Estate, Lythalls Lane.

Sumber : (Casdoper, 2016)

3. *Ground Plane*

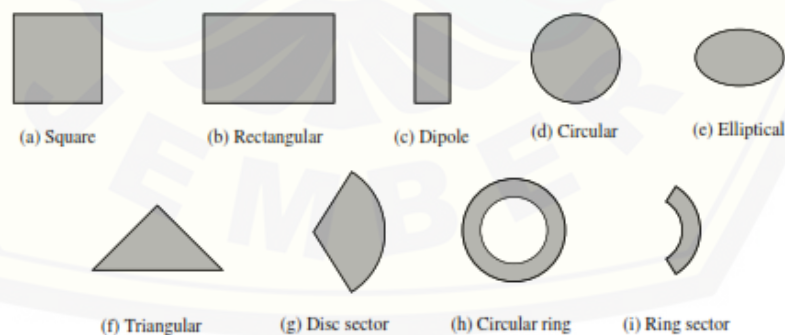
Ground plane merupakan bahan konduktor yang terbuat dari tembaga atau emas berukuran sama seperti *substrate* dan memiliki fungsi sebagai *ground* antenna. Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan *ground* ini sudah dimodifikasi sedemikian rupa untuk menghilangkan efek *surface wave* (gelombang permukaan).

2.3.3 Tipe-Tipe *Patch* Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip berdasarkan bentuk *patch*-nya dapat digolongkan menjadi beberapa yaitu

1. Antena mikrostrip *patch* persegi (*square*)
2. Antena mikrostrip *patch* persegi panjang (*rectangular*)
3. Antena mikrostrip *patch* segitiga (*triangular*)
4. Antena mikrostrip *patch* lingkaran (*circular*)
5. Antena mikrostrip *patch* elips (*elliptical*)
6. Antena mikrostrip *patch* *meander-line*

Secara umum antena mikrostrip *patch* dirancang untuk mencocokkan karakteristik tertentu. Untuk desain yang sering digunakan oleh penelitian dalam kurun waktu 10 tahun terakhir adalah sebagai berikut :



Gambar 2.3 Tipe *Patch* Antena mikrostrip

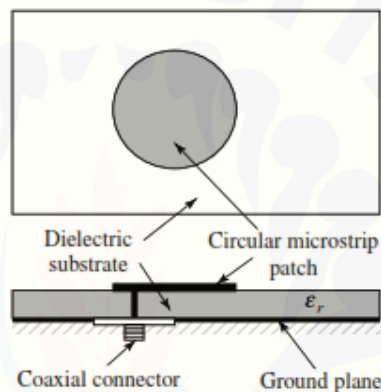
Sumber : (Balanis C. A., 2005)

2.3.4 Jenis-Jenis Teknik Pencatuan Antena Mikrostrip

Dalam merancang sebuah antena mikrostrip teknik pencatuan sangat diperlukan. Adapun teknik pencatuan tersebut antara lain *coaxial feed*, *line feeding*, *proximity coupling*, *aperture coupled feeding* dan *coplanar waveguide* (CPW).

1. Coaxial Feeding

Coaxial feeding merupakan teknik dasar pencatuan antena mikrostrip, dengan cara bagian luar kabel koaksial ditaruh dibawah bersama *ground*, sedangkan konduktor disolder ke bagian *patch*.



Gambar 2.4 Coaxial Feeding

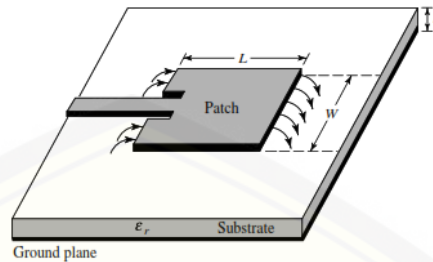
Sumber : (Stutzman & Thiele, 2013)

Teknik pencatuan *coaxial feeding* cukup mudah untuk di desain maupun fabrikasi. Tetapi pencatuan *coaxial feeding* mempunyai kelemahan yaitu membutuhkan presisi tingkat tinggi dalam penyolderannya. Selain itu, *coaxial feeding* mengakibatkan *bandwidth* yang sempit dan ketika fabrikasi membutuhkan *substrate* yang tebal,

2. Line Feeding

Line feeding merupakan teknik pencatuan dengan jalur konduktor di bagian elemen *patch*, elemen ini sangat mudah di desain dan fabrikasi. Pencatuan ini paling sering banyak digunakan karena memiliki resiko paling sedikit

dibanding dengan teknik pencatuan lainnya. Tetapi teknik *line feeding* juga memiliki kelemahan yaitu membuat *bandwidth* sempit.

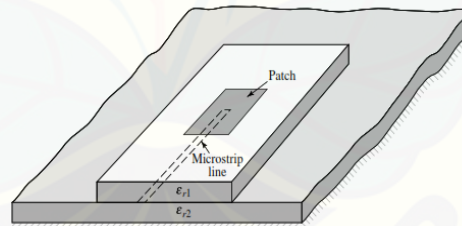


Gambar 2.5 *Line feeding*

Sumber : (Stutzman & Thiele, 2013)

3. *Proximity Coupling*

Teknik pencatuan ini menggunakan dua buah *substrate* yaitu ϵ_{r1} dan ϵ_{r2} . Dengan posisi *patch* berada di atas, lalu bagian bawah adalah *ground* dan garis mikrostrip akan terhubung ke sumber listrik yang terletak diantara dua *substrate* seperti yang ditunjukkan Gambar 2.6.



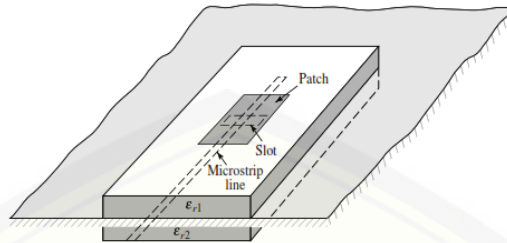
Gambar 2.6 *Proximity Coupling*

Sumber : (Balanis C. A., 2005)

4. *Aperture Coupled Feeding*

Teknik *aperture coupled feeding* merupakan teknik dengan memisahkan saluran transmisi dari antenna menggunakan plat konduktor yang memiliki *aperture* untuk melewatkan energi ke antenna. Teknik ini memiliki kesulitan untuk disusun atau dibuat karena *substrate* yang diatas harus memiliki permitivitas yang

rendah dibandingkan dengan *substrate* yang dibawah untuk menghasilkan radiasi yang lebih baik.

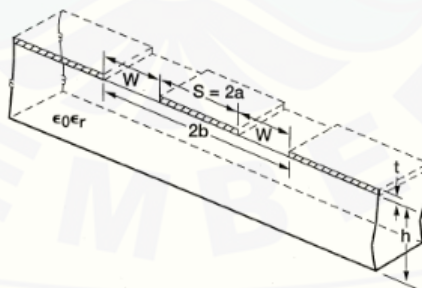


Gambar 2.7 Aperture Coupling

Sumber : (Balanis C. A., 2005)

5. Coplanar Waveguide (CPW)

Coplanar waveguide merupakan teknik pencatuan yang dibentuk seperti papan persegi yang memiliki jarak antar papan yang disebut *Gap*. Kelebihan dari teknik pencatuan *coplanar waveguide* adalah karakteristik impedansinya dapat dikontrol oleh kombinasi *line width* dan *gap width* dari saluran CPW, menurut Simons (2011) teknik ini mempunyai kemudahan untuk direalisasikan pada hubungan seri maupun paralel dengan baik pada komponen pasif maupun komponen aktif sehingga memudahkan dalam melakukan perancangan antenna mikrostrip.



Gambar 2.8 Coplanar Waveguide

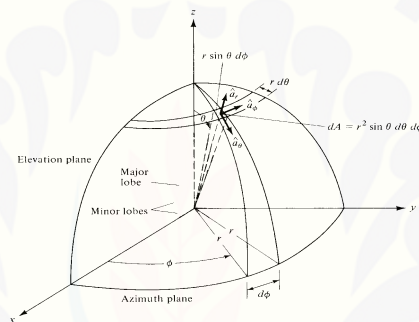
Sumber : (Balanis C. A., 2005)

2.4 Parameter-Parameter Antena

Antena memiliki kemampuan atau karakteristiknya masing-masing maka dari itu perlu adanya berbagai parameter antena. Menurut sumber buku Balanis C.A. (2005) karakteristik dan parameter antena terbagi menjadi :

2.4.1 Pola Radiasi

Pola radiasi antena merupakan fungsi matematik atau representasi grafis dari sifat-sifat radiasi dari sebuah antena untuk fungsi koordinat ruang. Pola radiasi antena digambarkan sebagai pola 3 dimensi yang terbentuk dari dua pola radiasi yaitu berupa pola elevasi dan pola azimuth.



Gambar 2.9 Set Koordinat Sistem Analisis Antena

Sumber : (Balanis C. A., 2005)

Pola radiasi antena dapat dihitung dengan perbandingan daya pada sudut 0 derajat (radiasi daya maksimum) dengan daya pada sudut tertentu. Maka pola radiasi (P) dapat dinyatakan dalam persamaan 2.1 (Balanis C. A., 2005).

$$P(dB) = 10 \log \frac{P_0}{P_T} (dB) \quad (2.1)$$

$$P(dB) = 10 \log P_0 - 10 \log P_T$$

Dengan:

P = Intensitas radiasi antena pada sudut tertentu (dB)

P_0 = Daya yang diterima antena pada sudut 0° (watt)

P_T = Daya yang diterima antena pada sudut tertentu (watt)

2.4.2 Gain

Gain merupakan parameter terpenting dalam menggambarkan kinerja suatu antena. *Gain* adalah perbandingan antara intensitas radiasi suatu antena pada suatu arah utama dengan intensitas radiasi dari antena isotropik yang menggunakan sumber daya masukan yang sama (Balanis, 2005). *Gain* ini bukanlah suatu bentuk kuantitas yang dapat diukur seperti *watt*, *ohm* atau lainnya tetapi suatu bentuk perbandingan. Oleh karena itu, satuan dari *gain* adalah *desibel* (dB). Sehingga perbandingan besar *gain* terhadap sumber *isotropis* dapat dilihat pada persamaan (2.2) :

$$G_T = G_S + 10 \log \frac{P_T}{P_S} \quad (2.2)$$

$$G_T = G_S + P_T - P_S$$

Dengan:

G_T = *Gain* antena uji (dBi)

G_S = *Gain* antena referensi (dBi)

P_T = Daya yang diterima antena uji pada sudut 0° (- dB)

P_S = Daya yang diterima antena referensi (- dB)

2.4.3 VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)

VSWR adalah perbandingan antara tegangan rms maksimum ($|V|_{max}$) dengan tegangan minimum ($|V|_{min}$) yang terjadi pada saluran yang tidak *match*. Dalam proses transmisi ada dua komponen gelombang tegangan yaitu tegangan yang dikirimkan (V_0^+) dan tegangan yang direfleksikan (V_0^-). Perbandingan ini sebagai koefisien refleksi tegangan (Γ) pada persamaan (2.3).

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2.3)$$

Dimana :

V_0^- : Amplitudo (tegangan) yang dipantulkan (refleksikan)

V_0^+ : Amplitudo (tegangan) masuk

Z_L : Impedansi beban (*load*)

Z_0 : Impedansi saluran *lossless*

VSWR ini juga memiliki parameter sendiri, dikatakan baik jika nilai VSWR bernilai 1 ($S=1$) yang berarti tidak ada refleksi yang mengartikan keadaan *matching* sempurna. Tetapi dalam praktiknya kondisi ini sulit untuk didapatkan. Oleh karena itu nilai standart VSWR yang diperbolehkan untuk fabrikasi antena yaitu $VSWR \leq 2$.

Secara matematis VSWR dinyatakan pada persamaan (2.4) :

$$S = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (2.4)$$

2.4.4 Bandwidth

Bandwidth dari suatu antena mempunyai definisi yaitu sebagai rentang frekuensi dari kinerja suatu antena serta berhubungan dengan beberapa karakteristik yang sesuai dengan standar yang ditentukan (Balanis, 2005). Dari definisi tersebut *bandwidth* sendiri merupakan rentang frekuensi dari suatu antena yang berhubungan dengan karakteristiknya (seperti impedansi masukan, polarisasi, *gain*, efisiensi, VSWR dan *return loss*) yang memenuhi standar. Bandwidth dapat dicari menggunakan persamaan (2.5) :

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% \quad (2.5)$$

$$f_c = \frac{f_l + f_u}{2}$$

$$B_r = \frac{f_u}{f_l}$$

Dengan :

B_p = *Bandwidth* dalam persen (%)

B_r = *Bandwidth rasio*

f_u = Jangkauan frekuensi atas (Hz)

f_l = Jangkauan frekuensi bawah (Hz)

2.4.5 Return Loss

Return loss adalah perbandingan antara amplitudo gelombang yang direfleksikan dengan amplitudo gelombang yang dikirimkan. Pada dasarnya *return loss* memiliki ikatan yang sama dengan VSWR yaitu disebabkan oleh

pencampuran antara gelombang yang ditransmisikan dengan gelombang yang dipantulkan serta memiliki kesamaan dalam menentukan *matching* (kesesuaian impedansi) antara perangkat transmitter dengan antenna.

Parameter antenna dikatakan baik baik adalah ketika nilai *return loss* bernilai $\leq -10\text{dB}$ sehingga 90% sinyal diserap dan hanya 10% yang dipantulkan kembali. *Return loss* sendiri dapat dicari menggunakan persamaan (2.6) :

$$\Gamma = \frac{V_{o^-}}{V_{o^+}}$$
$$\text{RL (dB)} = 20 \log_{10} |\Gamma| \quad (2.6)$$

2.4.6 Axial Ratio

Axial ratio adalah salah satu indikator baik buruknya suatu antenna *helix*, jika N nya semakin besar maka nilai *axial ratio* mendekati 1 dan polarisasinya mendekati sirkuler. Ini mengartikan bahwa semakin banyak jumlah lilitan maka akan semakin baik begitu pada polarisasinya yang mendekati sirkuler. Dari identifikasi tersebut maka dihasilkan persamaan (2.7) (King & Wong, 2007)

$$AR = \frac{2N+1}{2N} \quad (2.7)$$

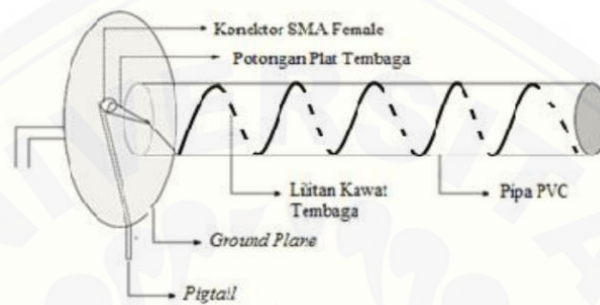
Keterangan :

N = jumlah lilitan antenna

AR = *axial ratio*

2.5 Antena *Helix*

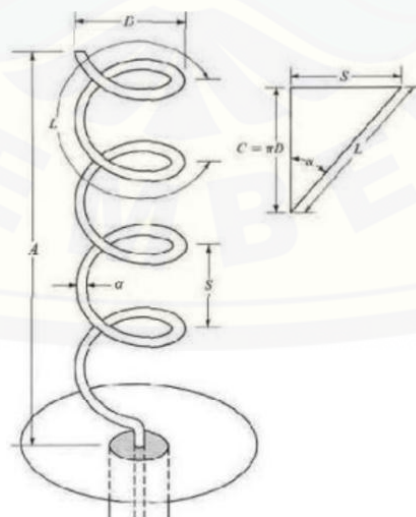
Antena *helix* adalah suatu antena yang terdiri dari *conducting wire* yang dililitkan pada media penyangga berbentuk helix (Dwijayatno, Christyono dan Santoso, 2014). Antena helix berbentuk tiga dimensi menyerupai pegas dan memiliki diameter lilitan serta jarak antar lilitan berukuran tertentu, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10 :



Gambar 2.10 Bentuk Antena *Helix*

Sumber : (Dwijayatno, Christyono dan Santoso, 2014)

Antena *helix* diatas menggunakan sebuah kawat tembaga yang dililitkan pada pipa PVC (*Polyvinyl Chloride*) lalu pada *ground plane* menggunakan lempengan seng, plat tembaga maupun alumunium yang terhubung dengan pigtail menggunakan konektor SMA. Antena *helix* memiliki bentuk secara geometri 3 dimensi yang mempunyai hubungan antara D , S , C , L seperti pada Gambar 2.11 :



Gambar 2.11 Bentuk Dasar Antena *Helix* dan Hubungan Antara D , S , C , L

Sumber : (Dwijayatno, Christyono dan Santoso, 2014)

Dari hubungan D, S, C, L akan menghasilkan sebuah rumus dari antena *helix*, untuk menghitung panjang gelombang menggunakan persamaan (2.8) (ARRL (*American Radio Relay League*), 2007) :

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.8)$$

Keterangan :

c = kecepatan cahaya ($3 \cdot 10^8$ m/dtk)

f = frekuensi center

Kemudian untuk menghitung diameter (D) menggunakan persamaan (2.9) (Stutzman & Thiele, 1998) :

$$D = \frac{\lambda}{\pi} \quad (2.9)$$

Keterangan :

λ = panjang gelombang

$\pi = 3,14$

Untuk keliling antena (C) menggunakan persamaan (2.10) berikut ini (Kraus, 2001) :

$$C \approx \lambda \quad (2.10)$$

Keterangan :

λ = panjang gelombang

Selanjutnya jarak antar lilitan (S) menggunakan persamaan (2.11) yaitu (Kraus, 2001) :

$$a = \arctan \frac{S}{C}$$

$$S = C \tan a \quad (2.11)$$

Keterangan :

C = keliling antena *helix*

$a = 10^\circ$

Lalu untuk panjang total atau panjang vertikal antena dihitung menggunakan persamaan (2.12) (Kraus, 2001) :

$$A = N \cdot S \quad (2.12)$$

Keterangan :

N = jumlah lilitan antenna

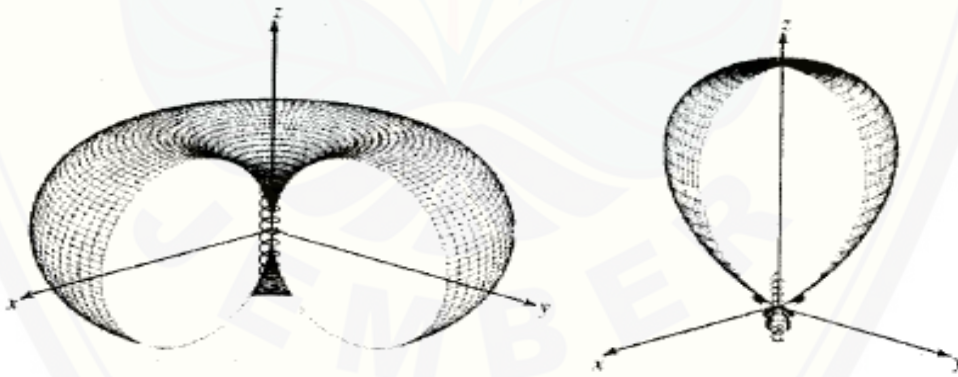
S = jarak antar lengkungan

Diameter *ground plane* menggunakan persamaan (2.13) (ARRL (*American Radio Relay League*), 2007):

$$D_{gp} = 0,94 \lambda \quad (2.13)$$

Secara umum antenna *helix* dalam *mode* radiasi yaitu *mode axial* dan *mode normal*, yang membedakan adalah jika *mode axial* merupakan antenna yang memancarkan energinya secara direksional sedangkan *mode normal* yaitu antenna yang memancarkan energinya secara omnidireksional.

Polarisasi dari antenna *helix mode axial* yaitu berbentuk sirkuler (lingkaran). Jika antenna ditempatkan untuk kegunaan satelit maka yang paling cocok adalah polarisasi RHCP (*Right Handed Circular Polarization*), sedangkan jika ditempatkan pada *ground station* sebagai *feed* parabola maka menggunakan LHCP (*Left Handed Circular Polarization*). Antenna *mode axial* dapat menerima sinyal berpolarisasi linier seperti vertikal dan horizontal (*American Radio Relay League* (ARRL), 2007)



Gambar 2.12 Kiri = *mode normal*, kanan = *mode axial*

Sumber : (Mudrik Alaydrus, 2011)

2.6 Impedansi Antena

Impedansi antenna *helix* dapat didefinisikan sebagai impedansi yang diberikan oleh antenna pada terminal sambungannya. Dalam impedansi antenna

helix menggunakan *peripheral feed* maka impedansi dari antenna *helix* ini menggunakan persamaan (2.14) berikut (Kraus, 2001) :

$$Z_a = 150 \frac{C}{\lambda} \quad (2.14)$$

Keterangan :

C = keliling antenna *helix*

λ = panjang gelombang

Dalam impedansi antenna *helix* memiliki impedansi (Z_a) sebesar 100-200 Ω , sedangkan impedansi kabel *coax* sebesar 50 Ω maka dari itu perlu adanya suatu penyesuaian impedansi antara antenna dengan kabel *coax*. Perhitungan tersebut dapat dilakukan menggunakan persamaan (2.15) (Kraus, 2003) :

$$Z_{MI} = \sqrt{Z_c Z_a} \quad (2.15)$$

Keterangan :

Z_c = impedansi kabel *coax* (50 Ω)

Z_a = impedansi antenna *helix*

Untuk perhitungan VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*) dari antenna *helix* yaitu besarnya perbandingan nilai *matching impedance* (Z_{MI}) dengan impedansi kabel *coax* (Z_c). Berikut persamaan (2.16) VSWR dalam impedansi *matching* antenna *helix* (American Radio Relay League (ARRL), 2007) :

$$VSWR = \frac{Z_{MI}}{Z_c} \quad (2.16)$$

Dengan,

$$Z_{MI} > Z_c$$

Proses pembuatan dari *impedance matching* antenna ditentukan oleh tiga hal yaitu lebar plat (w), tebal plat (t), panjang plat (l) = $\frac{1}{4} \lambda$. Sedangkan perhitungan spasi di atas *ground plane* (h) seperti pada Gambar 2.13 menggunakan persamaan (2.17) (Kraus, 2003) :

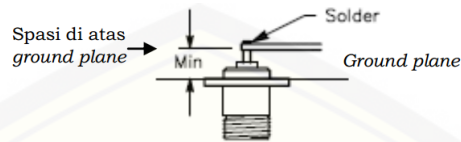
$$h = \frac{(w+t) \ln^{-1} \left(\frac{Z_{MI}}{56} \right)}{7,5} \quad (2.17)$$

Keterangan :

w = lebar plat (mm)

t = tebal plat (mm)

Z_{MI} = *matching impedance* (Ω)

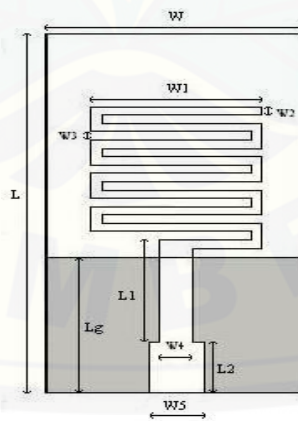


Gambar 2.13 Spasi Diatas *Ground Plane*

Sumber : (Faizal, 2016)

2.7 Antena Mikrostrip *Meanderline*

Antena mikrostrip *meanderline* adalah antena *patch* yang mempunyai bentuk seperti garis yang berkelu-liku dengan kombinasi garis horizontal maupun garis vertikal, bentuk tersebut sangat mempengaruhi frekuensi resonansi maupun pola radiasinya. Menurut jurnal (Tondare, 2014) antena mikrostrip *meanderline* merupakan jenis antena mikrostrip yang memiliki bentuk elemen peradiasi berupa garis berkelu-liku yang mana elemen pemancar terdiri dari garis strip mikro berbelok seperti Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Mikrostrip *Meanderline*

Sumber : (Andhare, 2014)

Terdapat tiga jenis teknik pencatutan dalam merancang sebuah antena mikrostrip *meanderline* (Andhare, 2014) yaitu *CPW Feed (Coplanar Waveguide)*, *Inset Feed* dan *Microstrip Feed (Line Feed)*. Antena mikrostrip *meanderline* bekerja dengan cara melipat sebuah konduktor yang membuat garis liku ke arah horizontal dan vertikal dengan rentang frekuensi yang diinginkan. Dalam menentukan dimensi antena mikrostrip *meanderline*, terlebih dahulu harus mengetahui parameter bahan yang digunakan seperti jenis *substrate*, tebal *substrate* (h), konstanta dielektrik (ϵ_r) dan parameter lainnya. Untuk menghitung dimensi antena mikrostrip dengan persamaan dari jurnal (Manchanda, 2014) :

$$h_s \leq \frac{0.3c}{2\pi f \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.18)$$

Dengan,

h_s = ketinggian *substrate*

f = frekuensi (GHz)

c = kecepatan cahaya (m/s)

ϵ_r = konstanta dielektrik *substrate*

Untuk lebar *patch* dapat ditentukan melalui persamaan (2.19) :

$$w_p = \frac{c}{f} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (2.19)$$

Dengan, ϵ_{eff} = *effective permittivity* dapat diperoleh dari persamaan (2.20):

$$\epsilon_{eff} = \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right) + \left(\frac{\epsilon_r - 1}{2} \right) \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{w_p}}} \right) \quad (2.20)$$

Panjang fisik antena dihitung melalui persamaan (2.21) :

$$\Delta L = h_s \left[\frac{0.412h_s(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{w_p}{h_s} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left(\frac{w_p}{h_s} + 0.8 \right)} \right] \quad (2.21)$$

Panjang *patch* antena *meanderline* dapat melalui persamaan (2.22) :

$$L_p = \frac{c}{2f \sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2\Delta L \quad (2.22)$$

Panjang *substrate* dihitung melalui persamaan (2.23):

$$L_s = L_p + 6h_s \quad (2.23)$$

Lebar *substrate* dihitung melalui persamaan (2.24):

$$w_s = w_p + 6h_s \quad (2.24)$$

Dalam merancang antena tidak hanya membuat bentuk saja (Hendra, 2015), tetapi juga merancang teknik pencatuannya yang dapat dihitung menggunakan persamaan dari jurnal (Manchanda, 2014):

Lebar saluran mikrostrip dapat dihitung menggunakan persamaan (2.25):

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B-1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B-1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2.25)$$

Dengan nilai ϵ_r adalah konstanta dielektrik relatif maka B, dapat dihitung melalui persamaan (2.26):

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.26)$$

Kemudian untuk menghitung panjang saluran dari mikrostrip melalui persamaan (2.27) dan (2.28):

$$L = \frac{c}{4fr\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (2.27)$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{4,4+1}{2} + \frac{4,4-1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1+12\left[\frac{1}{W}\right]}} \right] \quad (2.28)$$

2.8 DGS (Defected Ground Structure)

DGS (Defected Ground Structure) merupakan teknik yang dilakukan dengan cara mengurangi tembaga di daerah *ground*, teknik ini bersifat *PBG (photonic bandgap)* yang telah dikembangkan menjadi *EBG (electromagnetic bandgap)* dimana *substrate* diberi beban secara periodik sehingga pancaran gelombang permukaan membentuk rentang frekuensi terlarang di sekitar frekuensi operasi antena (Bangun & Rambe, 2015). Maka dari itu *surface wave* atau

gelombang permukaan tidak dapat berpropagasi pada *substrate*, sehingga dapat menekan radiasi *cross-polarized* dari *patch* antenna dan menekan harmonisasi menjadikan *gain* antenna kecil.

Untuk menghitung elemen peradiasi *DGS* (*Defected Ground Structure*) menggunakan persamaan dari jurnal (Zaidi, Baghdad, Ballouk dan Badri, 2015) :

$$W = \sqrt{h\lambda_d}[\ln(\lambda_d/h) - 1] \quad (2.29)$$

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.30)$$

$$L = \frac{c}{2f_r\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} - 2 \Delta L \quad (2.31)$$

Dimana,

W = lebar *patch* DGS

L = panjang *patch* DGS

c = kecepatan cahaya 3×10^8 m/s

f_r = frekuensi resonansi

ϵ_{reff} = konstanta dielektrik relatif efektif

Nilai konstanta dielektrik relatif efektif dapat dihitung menggunakan persamaan (2.32) :

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} (1 + 12h/W)^{-1/2} \quad (2.32)$$

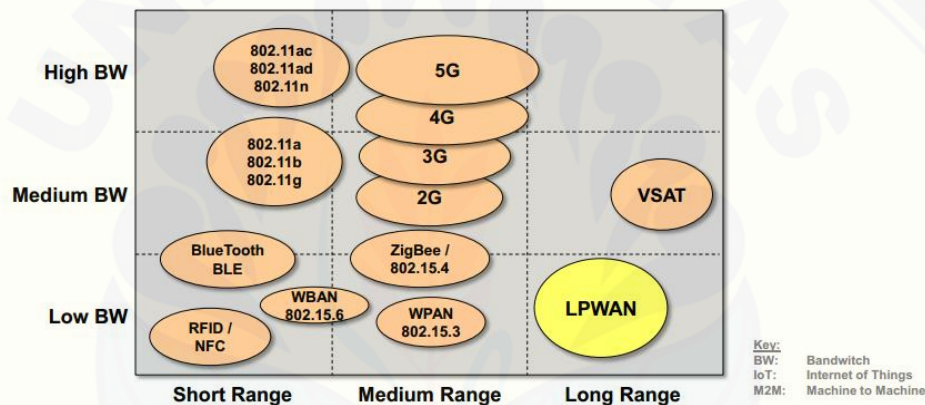
Dengan ΔL = panjang tambahan diakibatkan *fringing effect* dihitung melalui persamaan (2.33):

$$\Delta L = 0,412h \frac{\epsilon_{\text{reff}} + 0.3 \frac{W}{h} + 0.264}{\epsilon_{\text{reff}} - 0.258 \frac{W}{h} + 0.813} \quad (2.33)$$

2.9 LPWAN - IoT (Low Power Wide Area Network - Internet of Things)

Menurut analisa *McKinsey Global Institute*, *IoT (Internet of Things)* adalah sebuah teknologi yang memungkinkan kita untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya dengan sensor jaringan dan aktuator untuk memperoleh data dan mengelola kinerjanya sendiri, sehingga memungkinkan mesin untuk berkolaborasi dan bahkan bertindak berdasarkan informasi baru yang diperoleh secara independen.

Sedangkan *LPWAN (Low Power Wide Area Network)* merupakan jaringan yang memiliki wilayah luas tetapi memiliki daya yang rendah sehingga *bandwidth* kecil seperti pada Gambar 2.15



Gambar 2.15 Cakupan Wilayah LPWAN

Sumber : (Egli, 2015)

Kemudian pada jaringan *mobile* ada kategori sendiri dalam penerimaan yaitu *RSSI (Received Signal Strength Indicator)* sebagai acuan baik tidaknya sinyal yaitu

Tabel 2.3 Kategori *RSSI (Received Signal Strength Indicator)* GSM dan 3G/HSPA

<i>RSSI (Received Signal Strength Indicator)</i>	Kategori
-50 dBm sampai -75 dBm	Sinyal Kuat
-76 dBm sampai -90 dBm	Sinyal Sedang
-91 dBm sampai -100 dBm	Sinyal Lemah
-101 dBm sampai -120 dBm	Miskin Sinyal

Sumber : (*Improving Mobile Signal*, 2014)

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pembahasan pada bab metode penelitian ini dijelaskan beberapa hal pokok yaitu tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan penelitian, tahap penelitian, perancangan alat, blok sistem dan diagram alir (*flowchart*), perancangan desain alat, serta langkah-langkah dalam pengambilan data dan manajemen penelitian di lapangan, dalam penelitian ini akan membuat desain *antena helix mode axial* dan *patch meanderline* dengan *DGS (Defected Ground Structure)*. Antena ini akan bekerja pada frekuensi 1710-1880 MHz dengan konfigurasi *repeater*. Tujuan utama desain ini adalah untuk menanggulangi daerah *rural* yang miskin sinyal.

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Adapun tempat penelitian uji antena *helix mode axial* dan antena *patch meanderline* menggunakan *DGS* dan alat *monitoring* cuaca berbasis *IoT* akan dilakukan dalam dua tahap, yaitu tahap pertama dilakukan di laboratorium antena dan propagasi (uji antena) PENS Surabaya dan tahap kedua di daerah miskin sinyal maupun daerah urban Kabupaten Jember.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan selama 5 bulan. Pada bulan Desember 2017 - April 2018, dengan jadwal pelaksanaan seperti pada tabel 3.1 berikut ini :

Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan/Minggu																			
		Bulan ke-1				Bulan ke-2				Bulan ke-3				Bulan ke-4				Bulan ke-5			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi literatur																				
2	Desain dan pembuatan <i>helix axial</i>																				

	<i>mode</i> serta fabrikasi antena <i>patch</i> <i>meanderline</i> dengan <i>DGS</i> (<i>Defected</i> <i>Ground</i> <i>Structure</i>)																		
3	Pengukuran dan pengambilan data parameter antena																		
4	Pengujian antena <i>helix</i> <i>mode axial</i> dan <i>patch</i> <i>meanderline</i> pada <i>repeater</i> untuk LPWAN <i>IoT</i> (<i>Internet</i> <i>of Things</i>)																		
5	Penyusunan laporan																		

3.2 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini ada beberapa alat dan bahan yang digunakan meliputi perangkat lunak (*Software*) dan Perangkat Keras (*Hardware*). Adapun kegunaan dari perangkat lunak adalah untuk menjalankan simulasi dari desain antena, sedangkan untuk perangkat keras digunakan untuk proses fabrikasi antena serta pengukurannya.

3.2.1 Perangkat Lunak (*Software*)

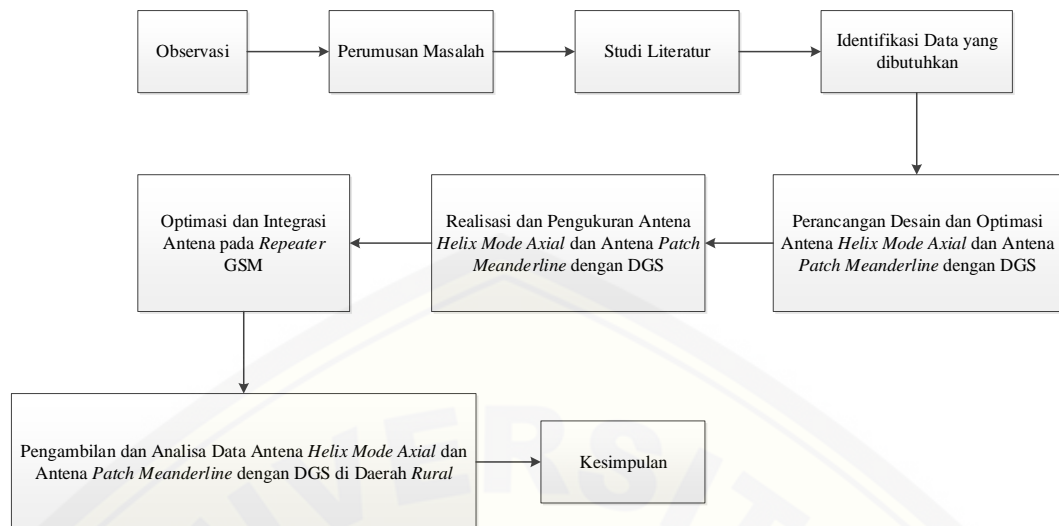
1. Perangkat lunak HFSS v13, untuk simulasi desain dan analisis karakteristik antenna seperti frekuensi kerja, *return loss*, *gain*, *bandwidth*, dan pola radiasi.
2. Perangkat lunak Microsoft Excel 2010, untuk membuat grafik persamaan sistematis parameter antenna.
3. *Network Cell Info Lite*, untuk mengetahui posisi BTS dan RSSI dari suatu operator GSM sehingga terlihat daerah *blank spot*.

3.2.2 Perangkat Keras (*Hardware*)

1. *Spectrum Analyzer* (3 KHz - 3 GHz), yang digunakan untuk mengukur karakteristik parameter antenna, diantaranya VSWR, *return loss* dan *bandwidth*.
2. Kawat tembaga berdiameter 1,2 mm, plat tembaga 0,2 mm dan plat aluminium 1,2 mm.
3. *Substrate* mikrostrip FR-4 Epoxy, solder, dan timah.
4. *Connector SMA* dengan impedansi karakteristik 50Ω.
5. Kabel *coaxial* 50Ω 10meter dan connector N untuk saluran transmisi *repeater*.
6. *Repeater* GSM.
7. Pipa PVC.
8. Arduino Uno dan ESP-8266.
9. Sensor *Optocoupler*.
10. Sensor *Rain drop*.
11. Sensor DHT22.

3.3 Tahap Penelitian

Dalam menyusun laporan ini memiliki beberapa tahap untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan, tahap perancangan antenna *helix mode axial* dan antenna *patch meanderline* serta perancangan sistem *monitoring* cuaca berbasis *IoT* (*Internet of Things*). Adapun pengambilan data yang digunakan dalam penelitian ini seperti Gambar 3.1 yaitu



Gambar 3.1 Tahap Penelitian

Pada tahap penelitian ini dilakukan observasi dengan melihat maupun menentukan tema yang akan diteliti yaitu desain antena *helix mode axial* dan antena *patch meanderline* dengan *DGS (Defected Ground Structure)* yang terintegrasi dengan *repeater GSM*. Selanjutnya yaitu merumuskan suatu masalah dari proses penelitian bagaimana penulis mampu membuat desain dan realisasi antena *helix mode axial* dan antena *patch meanderline* dengan *DGS (Defected Ground Structure)* yang terintegrasi dengan *repeater GSM* untuk daerah *rural* miskin sinyal yang bekerja pada frekuensi 1710-1880 MHz. Kemudian penulis akan melakukan studi literatur berupa jurnal, *ebook*, dan literatur lainnya.

Penelitian ini membutuhkan beberapa identifikasi data berupa parameter-parameter baik itu parameter antena dan parameter *repeater GSM*. Kemudian pada penelitian ini dilakukan desain antena *helix mode axial* dan antena *patch meanderline* dengan *DGS (Defected Ground Structure)* yaitu menggunakan perhitungan serta disimulasikan dengan *software Ansoft HFSS v13* untuk memperoleh performansi antena yang terbaik. Selanjutnya yaitu melakukan proses pembuatan antena *helix mode axial* dan fabrikasi antena *patch meanderline* dengan *DGS (Defected Ground Structure)* kemudian proses pengukuran parameter-parameter antena memakai *spectrum analyzer*.

Langkah berikutnya yaitu melakukan proses integrasi antenna *helix mode axial* dan antenna *patch meanderline* dengan *DGS (Defected Ground Structure)* pada *repeater* GSM supaya sinyal yang lemah dapat dikuatkan dengan antenna *helix mode axial* dan di *rebroadcast* oleh antenna *patch meanderline* tersebut. Dalam proses integrasi ini juga membutuhkan konektor yaitu konektor N dan konektor SMA baik *male* maupun *female*, sehingga daerah miskin sinyal *rural* akan teraliri sinyal dari antenna *rebroadcast*. Kemudian untuk pengambilan data dan analisis antenna yaitu dengan cara menguji dengan *network cell info lite* dan menggunakan *IoT* dari ThingSpeak™ untuk *monitoring* kondisi cuaca di daerah *rural*, lalu langkah terakhir mengambil kesimpulan.

3.4 Perancangan Alat

Pada perancangan alat ini terbagi menjadi tiga rancangan yaitu rancangan pada antenna *helix mode axial* dan antenna *patch meanderline* dengan *DGS (Defected Ground Structure)* serta rancang bangun *monitoring* cuaca berbasis *IoT(Internet of Things)*. Dalam proses perencanaan terdapat tiga bagian yaitu blok diagram, diagram alir, desain alat.

3.4.1 Rancang Antena *Helix Mode Axial*

Pada proses rancang bangun antenna ini adalah antenna *helix mode axial* yang bekerja pada frekuensi 1710-1880 MHz. Kemudian dalam proses *matching impedance* menggunakan *peripheral feed* pada $\frac{1}{4}$ lilitan terakhir. Adapun proses perancangan antenna akan dilakukan beberapa hal meliputi :

1. Menentukan frekuensi kerja yaitu 1710-1880 MHz.
2. Menentukan jenis kawat berupa kawat tembaga berukuran 1,2mm, dengan *ground plane* dari plat aluminium 1,2mm.
3. Merancang proses pencatuan *peripheral feed* dengan plat tembaga 0,2 mm
4. Melakukan proses rancangan desain menggunakan simulasi *software* Ansoft HFSS v13.
5. Melakukan proses karakteristik dari antenna *helix mode axial*.
6. Proses pembuatan antenna *helix mode axial* dengan pipa PVC(*Polyvinyl Chloride*).

7. Melakukan pengujian dan pengukuran menggunakan *spectrum analyzer* pada ruang laboratorium antena dan propagasi.

3.4.2 Rancang Antena *Patch Meanderline DGS*

Pada proses rancang bangun antena ini adalah antena mikrostrip *patch meanderline* dengan *DGS (Defected Ground Structure)* yang bekerja pada frekuensi 1710-1880 MHz. Kemudian dalam proses merancang antena tersusun oleh PCB dengan meng-*etch* bagian *ground* supaya gelombang permukaan (*surface wave*) tidak terjebak pada *substrate* dan dapat menambah efisiensi antena. Adapun proses perancangan antena akan dilakukan beberapa hal meliputi :

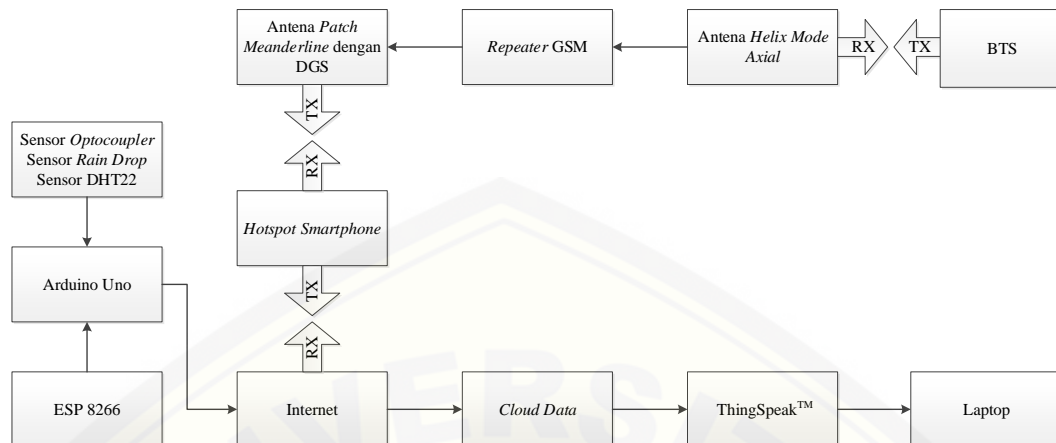
1. Menentukan frekuensi kerja yaitu 1710-1880 MHz.
2. Menentukan jenis bahan *substrate* yaitu berupa FR-4 Epoxy.
3. Merancang antena *patch meanderline* dengan *DGS (Defected Ground Structure)* supaya sesuai dengan frekuensi kerja yang diinginkan.
4. Merancang proses pencatutan dengan *line feeding*.
5. Melakukan proses rancangan desain menggunakan simulasi *software* Ansoft HFSS v13.
6. Melakukan proses karakteristik dari antena *patch meanderline* dengan *DGS*.
7. Proses fabrikasi antena *patch meanderline* dengan *DGS*.
8. Melakukan pengujian dan pengukuran menggunakan *spectrum analyzer* pada ruang laboratorium antena dan propagasi.

3.4.3 Rancang Alat *Monitoring* Cuaca Berbasis *IoT*

Pada proses perancangan sistem *monitoring* berbasis *IoT (Internet of Things)* dirancang menggunakan mikrokontroler arduino uno dengan *input* data berupa sensor *optocoupler*, sensor *rain drop* dan sensor DHT22 yang di *cloud-an* pada ThingSpeak™ sehingga data dapat diakses dari jarak jauh selama terhubung dengan koneksi internet. Perancangan sistem *monitoring* berbasis *IoT* meliputi beberapa komponen diantaranya yaitu :

1. Mikrokontroler berbasis arduino uno.
2. Transmisi data berbasis *IoT (Internet of Things)* menggunakan ESP-8266.
3. *Input* berupa sensor *optocoupler*, sensor *rain drop* dan sensor DHT22.
4. Tampilan data menggunakan ThingSpeak™.

3.5 Blok Sistem



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem *Monitoring* Cuaca Berbasis *IoT* Yang Sudah Ter-Cover Sinyal Dari *Repeater* GSM

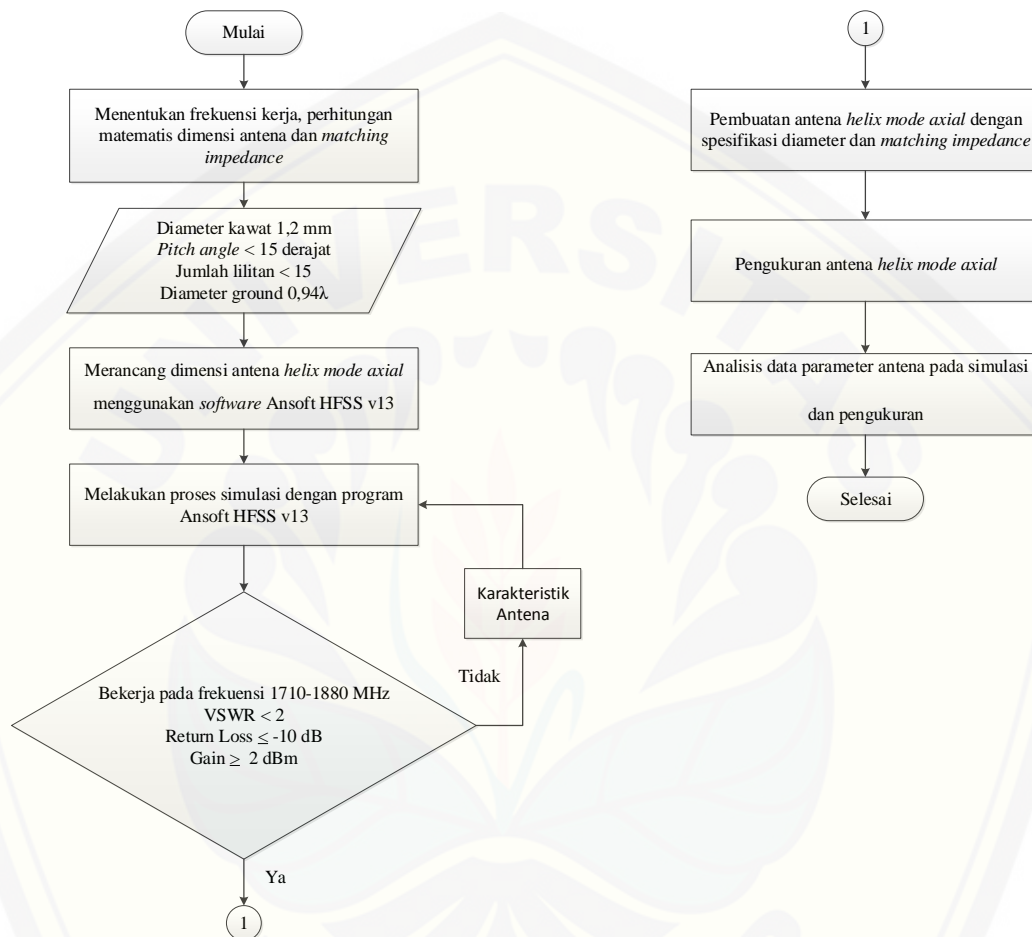
Gambar 3.2 merupakan sebuah diagram blok dari rancang bangun alat yang akan dibuat meliputi :

1. Baterai digunakan untuk *supply* daya dari arduino uno, sensor *optocoupler*, sensor *rain drop*, sensor DHT22 dan ESP-8266.
2. Sensor *optocoupler* untuk mendeteksi kecepatan angin, sensor *rain drop* berfungsi untuk mendeteksi air hujan, sensor DHT22 untuk mendeteksi kelembaban dan ESP-8266 untuk proses *cloud data* ke ThingSpeak™.
3. *Hotspot smartphone* berfungsi untuk memancar sinyal supaya ESP-8266 dan laptop terkoneksi dengan internet.
4. *Repeater* GSM berfungsi untuk menerima dan memancarkan kembali sinyal dari BTS supaya daerah rural ter-cover dengan sinyal.
5. *Antena helix mode axial* digunakan untuk menerima sinyal dari BTS.
6. *Antena patch meanderline* berfungsi untuk antena *rebroadcast*.
7. Laptop digunakan untuk *monitoring* cuaca yang ditampilkan ThingSpeak™.

3.6 Diagram Alir (Flowchart)

3.6.1 Diagram Alir Perancangan Antena *Helix Mode Axial*

Pada *flowchart* perancangan antena *helix mode axial* akan ditunjukkan pada Gambar 3.3 :



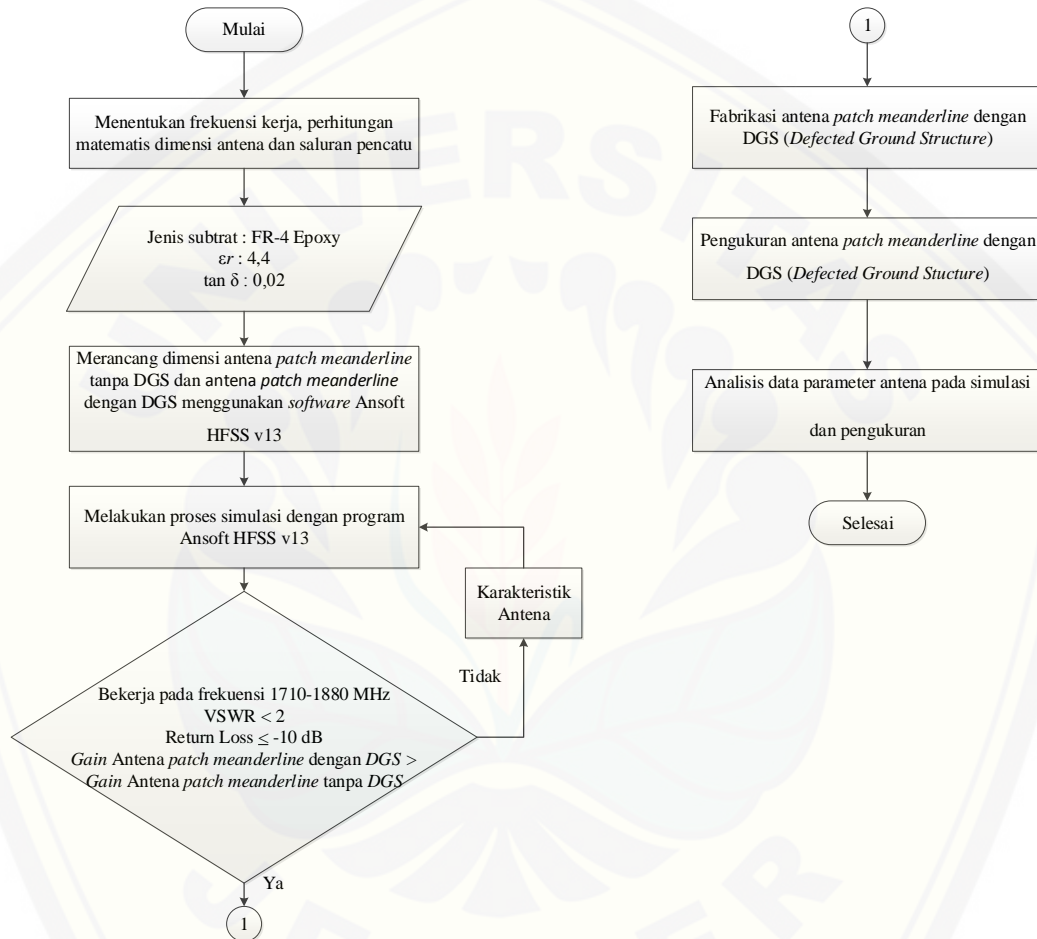
Gambar 3.3 Diagram Alir Perancangan Antena *Helix Mode Axial*

Pada diagram alir tersebut menjelaskan beberapa tahap yaitu tahap menentukan frekuensi kerja perhitungan matematis dimensi antena dan *matching impedance*, lalu pada tahap kedua akan menentukan diameter kawat sebesar 1.2 mm, *pitch angle* < 15 derajat, jumlah lilitan < 15 dan diameter *ground* menggunakan $0,94 \lambda$, kemudian tahap ketiga merancang dimensi antena *helix mode axial* menggunakan software Ansoft HFSS v13 supaya bekerja pada frekuensi 1710-1880 MHz dan gain ≥ 2 dBm, jika sesuai maka melakukan

pembuatan antenna *helix mode axial* dan terakhir melakukan pengukuran, analisis karakteristik antenna simulasi dan pengukuran.

3.6.2 Diagram Alir Perancangan Antena *Patch Meanderline DGS*

Pada *flowchart* perancangan antenna *patch meanderline* dengan *DGS* (*Defected Ground Structure*) akan ditunjukkan pada Gambar 3.4 :

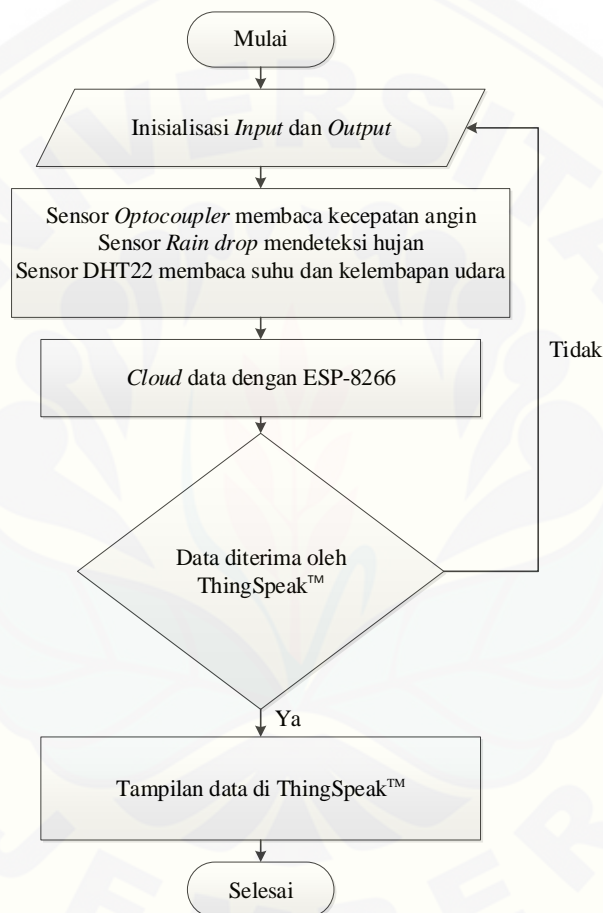


Gambar 3.4 Diagram Alir Perancangan Antena *Patch Meanderline* Dengan *DGS* (*Defected Ground Structure*)

Pada diagram alir tersebut menjelaskan beberapa tahap yaitu tahap menentukan frekuensi kerja perhitungan matematis dimensi antenna dan saluran pencatunya, lalu pada tahap kedua akan menentukan jenis substrat FR-4 Epoxy dengan ϵ_r sebesar 4,4 dan $\tan \delta$ 0,02, kemudian tahap yang ketiga merancang dimensi antenna *patch meanderline* tanpa *DGS* dan *patch meanderline* dengan

DGS menggunakan *software* Ansoft HFSS v13 supaya bekerja pada frekuensi 1710-1880 MHz, lalu pada tahap keempat melakukan proses simulasi. Jika *gain* antena *patch meanderline* dengan *DGS* > antena *patch meanderline* tanpa *DGS* dan frekuensi bekerja pada 1710-1880 MHz, maka melakukan fabrikasi antena, pengukuran serta analisis karakteristik antena simulasi dan pengukuran.

3.6.3 Diagram Alir Alat *Monitoring* Cuaca Berbasis *IoT*



Gambar 3.5 Diagram Alir Perancangan Sistem *Monitoring* Cuaca Berbasis *IoT*

Pada Gambar 3.5 adalah diagram sistem *monitoring* berbasis *IoT* dengan langkah pertama inisialisasi *input* dan *output* kemudian dengan sensor *optocoupler* membaca kecepatan angin, sensor *rain drop* sebagai pendeteksi hujan, sensor DHT22 membaca suhu dan kelembapan udara, lalu di *cloud*-an dengan ESP-8266 di ThingSpeak™ jika berhasil maka akan muncul data pada tampilan ThingSpeak™ kemudian dianalisa cuaca di daerah tersebut.

3.7 Perancangan Desain Alat

Pada tahap perancangan desain alat ini terbagi menjadi tiga bagian yaitu perancangan desain antenna *helix mode axial*, perancangan desain antenna *patch meanderline* dengan *DGS (Defected Ground Structure)* dan perancangan desain alat *monitoring* cuaca berbasis *IoT (Internet of Things)*. Adapun dalam proses perancangan antenna *helix mode axial* dan antenna *patch meanderline* dengan *DGS (Defected Ground Structure)* menggunakan *software HFSS v13* yang berfungsi untuk proses desain maupun simulasi karakteristik (parameter) antenna.

3.7.1 Perancangan Desain Antena *Helix Mode Axial*

Pada proses perancangan desain antenna *helix mode axial* terdiri dari beberapa tahap yaitu menentukan frekuensi kerja yang diinginkan, jenis kawat, *ground plane* dan *matching impedance* saluran pencatunya.

3.7.2 Menentukan Frekuensi Kerja Antena *Helix Mode Axial*

Antena *helix mode axial* dirancang agar bekerja pada frekuensi GSM yaitu 1710-1880 MHz. Dalam penelitian ini diharapkan mampu memberikan hasil yang diinginkan sesuai parameter berikut :

1. Frekuensi kerja : 1710-1880 MHz
2. Impedansi Terminal : 50 ohm *coaxial connector* SMA
3. VSWR : < 2
4. *Return Loss* : ≤ -10 dB
5. *Gain* : ≥ 2 dBm

Tabel 3.2 Bahan Antena *Helix Mode Axial*

No	Nama Bahan	Variabel	Dimensi (ukuran)
1	Diameter Lilitan Kawat	D	5,3 mm (2 inch)
2	<i>Ground plane</i> Aluminium	D_{gp}	156,69 mm
3.	Tebal Tembaga	T	0,2 mm

3.7.3 Perancangan Dimensi Antena *Helix Mode Axial*

Dalam merancang antenna *helix* dapat dicari berdasarkan frekuensi kerjanya. Adapun desain dari dimensi antenna *helix mode axial* dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut :

Untuk menghitung panjang gelombang menggunakan persamaan (2.8) (ARRL (*American Radio Relay League*), 2007) :

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{1.8 \times 10^9} = 1,667 \text{ m} = 166,7 \text{ mm}$$

Kemudian untuk menghitung diameter (D) menggunakan persamaan (2.9) (Stutzman & Thiele, 1998):

$$D = \frac{\lambda}{\pi}$$

$$D = \frac{166,7}{3,14} = 53 \text{ mm} = 2 \text{ inch}$$

Untuk keliling antena (C) menggunakan persamaan (2.10) (Kraus, 2001) :

$$C \approx \lambda$$

$$C \approx 166,7 \text{ mm}$$

Selanjutnya jarak antar lilitan (S) menggunakan persamaan yaitu (2.11) (Kraus, 2001) :

$$S = C \tan a$$

$$S = 166,7 \tan 10^\circ = 29,3 \text{ mm}$$

Lalu untuk panjang total atau panjang vertikal antena dihitung menggunakan persamaan (2.12) (Kraus, 2001) :

$$A = N \cdot S$$

$$A = 12 \cdot 29,3 = 351,6 \text{ mm}$$

Diameter *ground plane* menggunakan persamaan (2.13) (ARRL (*American Radio Relay League*), 2007):

$$D_{gp} = 0,94 \lambda$$

$$D_{gp} = 0,94 \times 166,7 = 156,69 \text{ mm}$$

Tabel 3.3 Dimensi Antena *Helix Mode Axial* Dengan Perhitungan Matematis

No	Nama (parameter)	Variabel	Dimensi (ukuran)
1	Panjang gelombang	λ	166,7 mm
2	Diameter antena <i>helix</i>	D	53 mm
3	Keliling antena <i>helix</i>	C	166,7 mm
4	<i>Pitch Angle</i>	α	10°
5	Jarak antar lilitan	S	29,3 mm
6	Panjang total antena	A	351,6 mm
7	Diameter <i>ground plane</i>	D _{gp}	156,69 mm

3.7.4 Perancangan *Matching Impedance* Antena *Helix Mode Axial*

Dalam mendesain antena *helix mode axial* perlu adanya *matching impedance* supaya hasil yang didapatkan maksimal. Dalam impedansi antena *helix* menggunakan *peripheral feed*, maka impedansi dari antena *helix* ini menggunakan persamaan (2.14) berikut (Kraus, 2001) :

$$Z_a = 150 \frac{C}{\lambda}$$

$$Z_a = 150 \frac{166,7}{166,7} = 150 \Omega$$

Dalam impedansi antena *helix* memiliki impedansi (Z_a) sebesar 150 Ω , sedangkan impedansi kabel *coax* sebesar 50 Ω maka dari itu perlu adanya suatu penyesuaian impedansi antara antena dengan kabel *coax*. Perhitungan tersebut dapat dilakukan menggunakan persamaan (2.15) (Kraus, 2003) :

$$Z_{MI} = \sqrt{Z_c Z_a}$$

$$Z_{MI} = \sqrt{50 \times 150} = 86.6 \Omega$$

Dalam proses pembuatan *impedance matching* antena ditentukan oleh tiga hal yaitu lebar plat (w) = 2mm, tebal plat (t) = 0.2mm, panjang plat (l) = $\frac{1}{4} \lambda$, lebar dan tebal plat dipilih mengingat bahan yang dijual di pasaran. Sedangkan perhitungan spasi di atas *ground plane* (h) menggunakan persamaan (2.17) (Kraus, 2003) :

$$h = \frac{(w+t) \ln^{-1}\left(\frac{Z_{MI}}{56}\right)}{7,5}$$

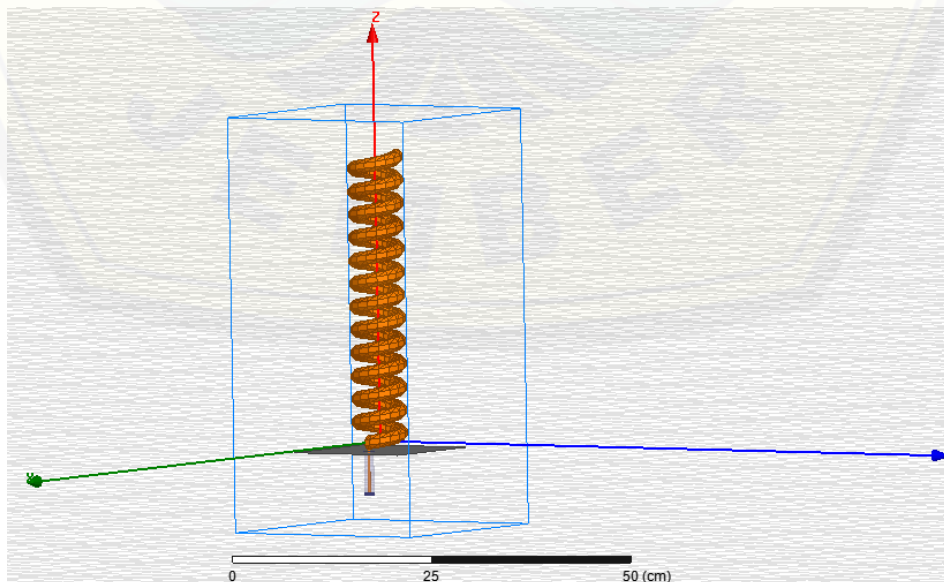
$$h = \frac{(2+0.2) \ln^{-1}\left(\frac{86,6}{56}\right)}{7,5} = 2,01 \text{ mm}$$

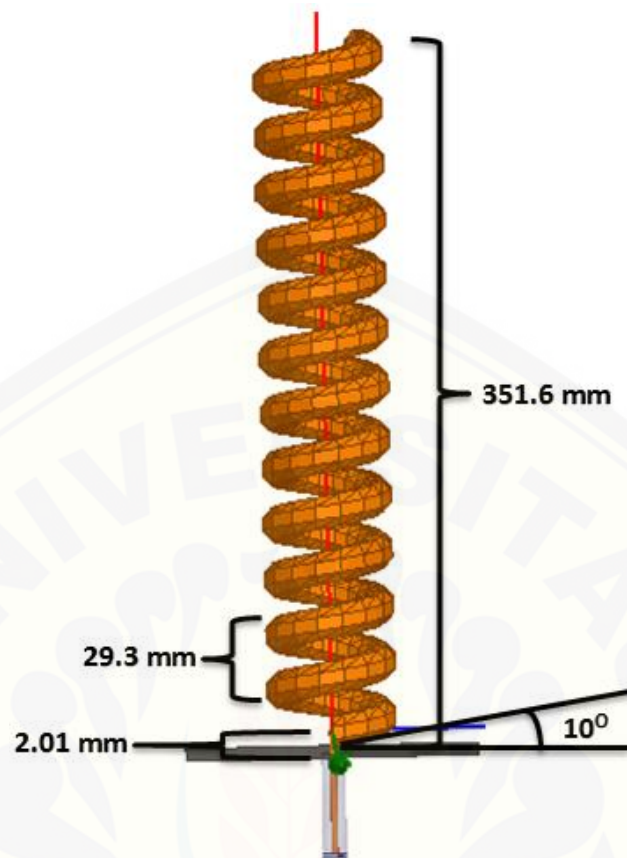
Tabel 3.4 Data *Matching Impedance* Antena *Helix Mode Axial*

No	Nama (parameter)	Variabel	Dimensi (ukuran)
1	Impedansi Kabel	Z_c	50 Ω
2	Impedansi antena	Z_a	150 Ω
3	<i>Matching Impedance</i>	Z_{MI}	86.6 Ω
4	Lebar konduktor (dipilih)	W	3 mm
5	Tebal konduktor (dipilih)	T	0,2 mm
6	Panjang konduktor	L	41,675 mm
7	Spasi di atas <i>ground plane</i>	H	2,01 mm

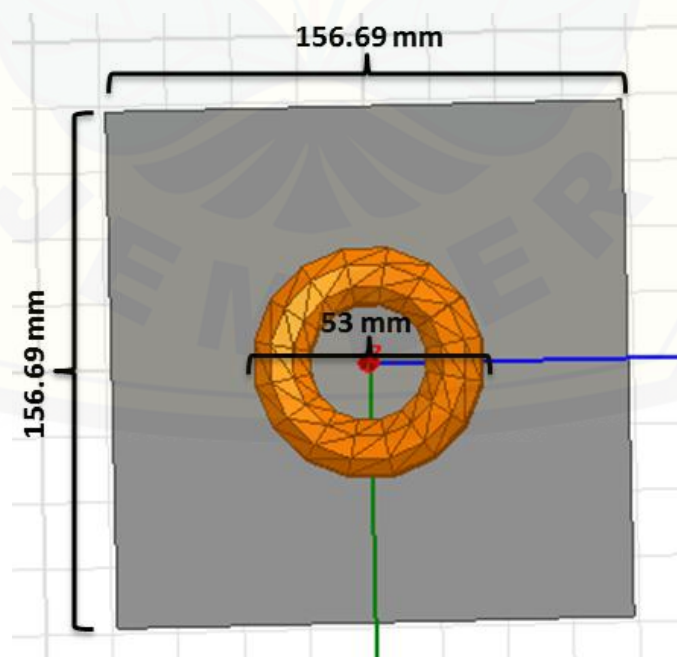
3.7.5 Hasil Desain Perancangan Antena *Helix Mode Axial*

Pada proses mendesain antena *helix mode axial* dengan RHCP (*Right Handed Circular Polarization*) menggunakan *software* Ansoft HFSS v13. Dalam perancangan antena *helix mode axial* berdasarkan perhitungan matematis tabel 3.3 dan 3.4 yaitu :

Gambar 3.6 Desain Antena *Helix Mode Axial* Secara Simulasi



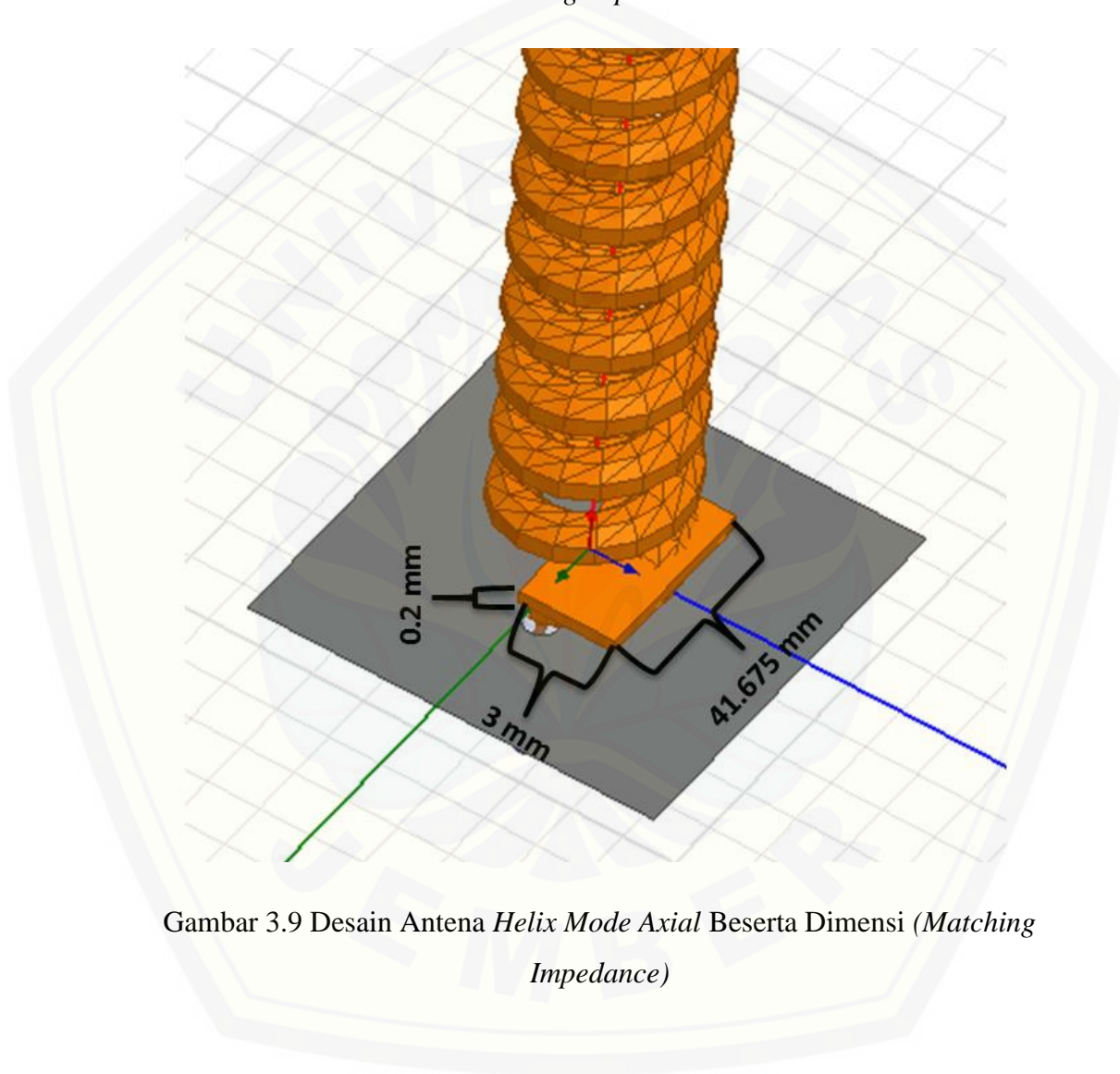
Gambar 3.7 Desain Antena *Helix Mode Axial* Beserta Dimensi(Tampak Samping)



Gambar 3.8 Desain Antena *Helix Mode Axial* Beserta Dimensi(Tampak Atas)

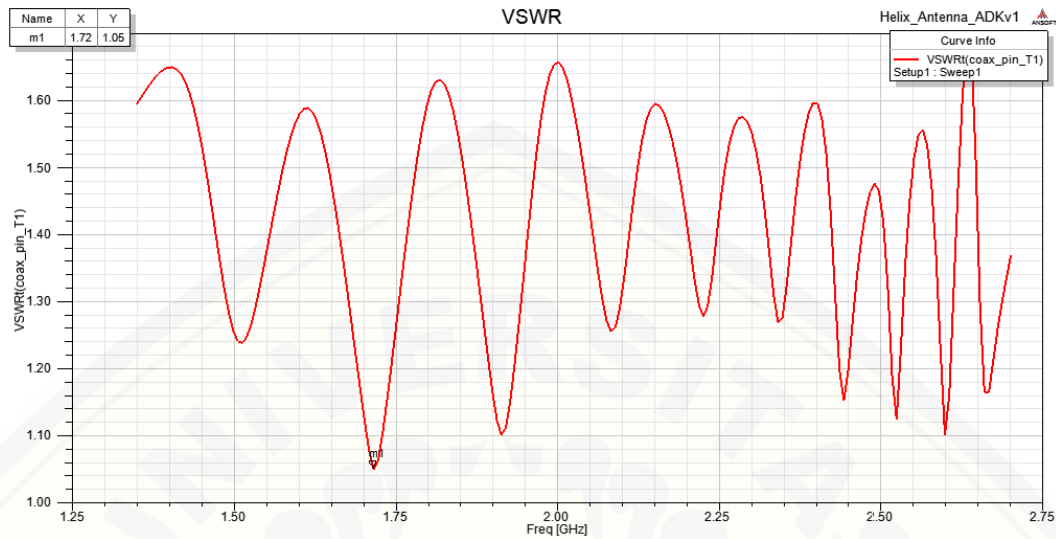
Adapun pada gambar 3.7 dan 3.8 merupakan hasil simulasi HFSS v13 beserta dimensi dari tabel 3.3 sehingga dapat diketahui bentuk dari ukuran antenna *helix mode axial* secara detail melalui gambar tersebut.

Kemudian untuk gambar 3.9 merupakan representasi dari tabel 3.4 yang memiliki dimensi dari ukuran *matching impedance* antenna *helix mode axial*.



Gambar 3.9 Desain Antena *Helix Mode Axial* Beserta Dimensi (*Matching Impedance*)

Pada perancangan antenna *helix mode axial* nilai VSWR sebesar 1.05 yang bekerja pada frekuensi 1.72 GHz dapat dilihat pada Gambar 3.10 berikut :



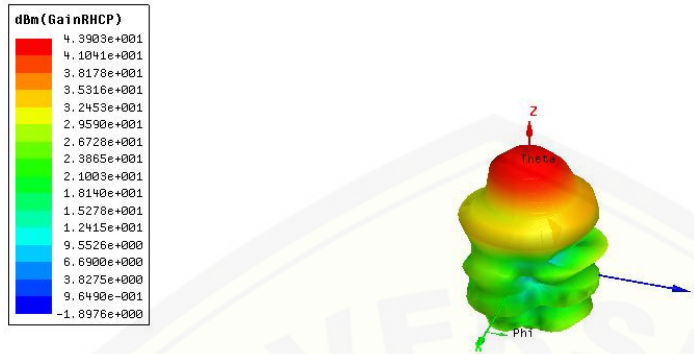
Gambar 3.10 Grafik VSWR Antena *Helix Mode Axial*

Kemudian nilai *return loss* sebesar -32.23 dB yang bekerja pada frekuensi 1.72 GHz dapat dilihat pada Gambar 3.11 berikut :



Gambar 3.11 Grafik *Return Loss* Antena *Helix Mode Axial*

Pada perancangan desain antenna *helix mode axial* diperoleh nilai *gain* sebesar 43.903 dBm dapat dilihat pada Gambar 3.12 berikut :



Gambar 3.12 *Gain 3D Antena Helix Mode Axial*

Dari Gambar 3.10 dan 3.11 menunjukkan frekuensi kerja antara 1710-1880 MHz dengan nilai *VSWR* 1.05, *return loss* -32.23 dB dan *gain* 43.903 dBm. Ini menunjukkan bahwa sudah memenuhi kriteria yang ditentukan dengan $VSWR \leq 2$, $return\ loss \leq -10$ dB, $gain \leq 2$ dBm sehingga untuk perancangan desain antenna telah memenuhi kriteria dan tidak perlu melakukan iterasi.

3.7.6 Perancangan Desain Antena *Patch Meanderline DGS*

Pada perancangan desain antenna *patch meanderline* ini terdiri dari beberapa tahapan diantaranya menentukan frekuensi kerja yang diinginkan, jenis *substrate*, dimensi *patch* maupun pencatunya dan *DGS (Defected Ground Structure)*.

3.7.7 Menentukan Frekuensi Kerja Antena *Patch Meanderline DGS*

Antena *patch meanderline* dirancang untuk dapat bekerja pada frekuensi GSM yaitu 1800MHz. Pada penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan karakteristik yaitu :

1. Frekuensi kerja : 1710-1880 MHz
2. Impedansi Terminal : 50 ohm *coaxial connector SMA*
3. *VSWR* : < 2
4. *Return Loss* : ≤ -10 dB
5. *Gain* : ≥ 2 dBm

Dalam pembuatan antena *patch meanderline* dengan *DGS (Defected Ground Structure)* menggunakan bahan *substrate*. *Substrate* sendiri memiliki karakteristiknya masing-masing atau memiliki nilai parameter yang berbeda-beda. Berikut merupakan parameter *substrate* dari perancangan antena *patch meanderline* dengan *DGS (Defected Ground Structure)*.

Tabel 3.5 Karakteristik *Substrate* FR-4 Epoxy

Jenis <i>Substrate</i>	FR-4 Epoxy
Konstanta Dielektrik Relatif (ϵ_r)	4,4
<i>Dielectric Loss Tangent</i> ($\tan \delta$)	0,02
Ketebalan <i>Substrate</i> (h)	1,6 mm
Massa Jenis Zat	1900

3.7.8 Perancangan Dimensi Antena *Patch Meanderline DGS*

Perancangan antena *patch meanderline* dengan *DGS (Defected Ground Structure)* dapat dicari berdasarkan frekuensi kerja dan parameter-parameter dari *substrate*. Adapun desain antena *patch meanderline* dapat dicari menggunakan perhitungan yang dikutip dari jurnal (Manchanda, 2014) sebagai berikut:

Untuk lebar *patch* (w) dapat ditentukan melalui persamaan (2.19) :

$$w_p = \frac{c}{f} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}}$$

$$w_p = \frac{3 \times 10^8}{1,8 \times 10^9} \sqrt{\frac{2}{4,4 + 1}}$$

$$w_p = 0,166 \times 0,608$$

$$w_p = 100,928 \text{ mm}$$

Perhitungan nilai ϵ_{eff} = *effective permittivity* dapat diperoleh menggunakan persamaan (2.20) :

$$\epsilon_{eff} = \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right) + \left(\frac{\epsilon_r - 1}{2} \right) \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{w_p}}} \right)$$

$$\epsilon_{eff} = \left(\frac{4.4+1}{2}\right) + \left(\frac{4.4-1}{2}\right) \left(\frac{1}{\sqrt{1+\frac{12 \times 1.6}{100.928}}}\right)$$

$$\epsilon_{eff} = 2.7 + 1.7 \times 0.916$$

$$\epsilon_{eff} = 4.257$$

Perhitungan panjang fisik antena dihitung melalui persamaan (2.21) :

$$\Delta L = h_s \left[\frac{0.412 h_s (\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{w_p}{h_s} + 0.264\right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left(\frac{w_p}{h_s} + 0.8\right)} \right]$$

$$\Delta L = 1.6 \left[\frac{0.412 \times 1.6 (4.257 + 0.3) \left(\frac{100.928}{1.6} + 0.264\right)}{(4.257 - 0.258) \left(\frac{100.928}{1.6} + 0.8\right)} \right]$$

$$\Delta L = 1.6 \left[\frac{190.283}{255.466} \right]$$

$$\Delta L = 1.191 \text{ mm}$$

Perhitungan panjang *patch* antena *meanderline* melalui persamaan (2.22) :

$$L_p = \frac{c}{2f\sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2\Delta L$$

$$L_p = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 1.8 \times 10^9 \sqrt{4.257}} - 2 \times 1.191$$

$$L_p = 40.389 - 2 \times 1.191$$

$$L_p = 38.007 \text{ mm}$$

Perhitungan panjang *substrate* dihitung melalui persamaan (2.23) :

$$L_s = L_p + 6h_s$$

$$L_s = 38.007 + 6 \times 1.6$$

$$L_s = 47.607 \text{ mm}$$

Perhitungan lebar *substrate* dihitung melalui persamaan (2.24) :

$$w_s = w_p + 6h_s$$

$$w_s = 100.928 + 6 \times 1.6$$

$$L_s = 110.528 \text{ mm}$$

3.7.9 Perancangan saluran pencatu (*line feeding*) Antena Patch Meanderline DGS

Dalam teknik pencatuan menggunakan *line feeding*, karena kemudahan dalam fabrikasi dan penentuan *matching* saluran mikrostrip. Pencatuan *line feeding* memiliki dimensi berupa panjang dan lebar yang bergantung dari nilai impedansi saluran yang diinginkan. Perhitungan lebar saluran antenna menggunakan impedansi Z_0 sebesar 50Ω dilihat dari karakteristik *connector* jack-SMA. Dapat dihitung dengan persamaan dari jurnal (Manchanda, 2014) sebagai berikut, dari persamaan (2.25):

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B-1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B-1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\}$$

Nilai B dapat dicari menggunakan persamaan (2.26) :

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$B = \frac{60(3,14)^2}{50\sqrt{4,4}} = 5,64 \text{ mm}$$

Sehingga,

$$W = \frac{2 \times 1,6}{3,14} \left\{ 5,64 - 1 - \ln(5,64 - 1) + \frac{4,4 - 1}{2 \times 4,4} \left[\ln(5,64 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,4} \right] \right\}$$

$$= 3,044 \text{ mm}$$

Kemudian untuk menghitung panjang saluran dari mikrostrip melalui persamaan (2.27):

$$L = \frac{c}{4fr\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}}$$

Dengan nilai ϵ_{reff} dicari menggunakan persamaan (2.28) :

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{4,4+1}{2} + \frac{4,4-1}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{1+12\left[\frac{1}{3,044}\right]}} \right] = 3,465$$

Sehingga,

$$L = \frac{3 \times 10^8}{4 \times 1,8 \times 10^9 \sqrt{3,465}}$$

$$L = 22,383 \text{ mm}$$

3.7.10 Perancangan DGS Antena Patch Meanderline

DGS (*Defected Ground Structure*) berfungsi untuk mengubah frekuensi kerja antena dan meningkatkan *gain*. Untuk menghitung elemen peradiasi DGS (*Defected Ground Structure*) menggunakan persamaan dari jurnal (Zaidi, Baghdad, Ballouk dan Badri, 2015) sebagai berikut, dari persamaan 2.29:

$$W = \sqrt{h\lambda_d}[\ln(\lambda_d/h) - 1]$$

Dengan λ_d dihitung menggunakan persamaan (2.30) :

$$\lambda_d = \frac{3 \times 10^8}{\sqrt{4.4}}$$

$$\lambda_d = 143019388,4$$

Sehingga,

$$W = \sqrt{1.6 \times 143019388,4}[\ln(143019388,4/1.6) - 1]$$

$$W = 15,125 \text{ mm}$$

Kemudian panjang (L) dapat dihitung menggunakan persamaan (2.31) :

$$L = \frac{c}{2f_r\sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2 \Delta L$$

Dengan nilai ϵ_{reff} dicari menggunakan persamaan (2.32) :

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} (1 + 12h/W)^{-1/2}$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{4.4 + 1}{2} + \frac{4.4 - 1}{2} (1 + 12 \times 1.6/15.125)^{-1/2}$$

$$\epsilon_{reff} = 3,828 \text{ mm}$$

Dan nilai ΔL = panjang tambahan diakibatkan *fringing effect* dihitung melalui persamaan (2.33) :

$$\Delta L = 0,412h \frac{\epsilon_{reff} + 0.3 \frac{W}{h} + 0.264}{\epsilon_{reff} - 0.258 \frac{W}{h} + 0.813}$$

$$\Delta L = 0,412 \times 1.6 \frac{3.828 + 0.3 \frac{15,125}{1.6} + 0.264}{3.828 - 0.258 \frac{15,125}{1.6} + 0.813}$$

$$\Delta L = 1.514 \text{ mm}$$

Sehingga,

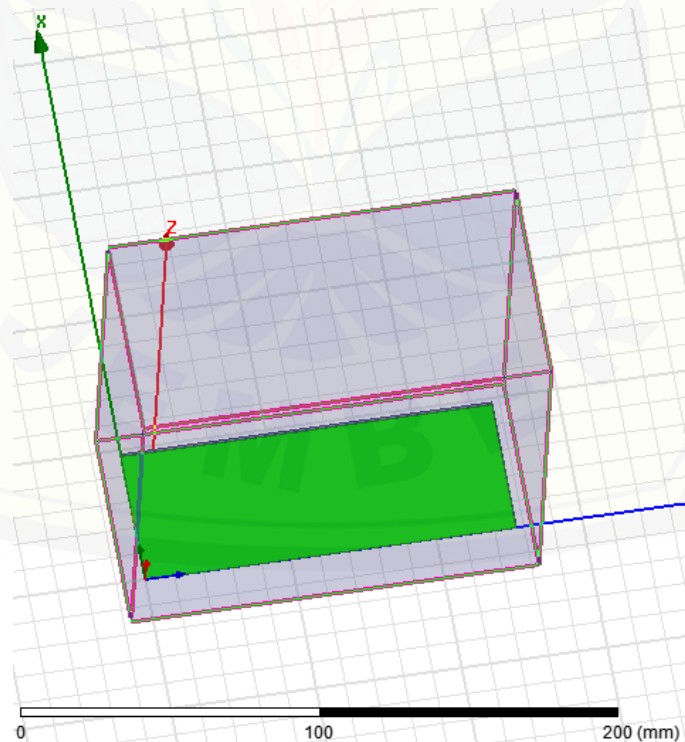
$$L = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 1.8 \times 10^9 \sqrt{3,828}} - 2 (1.514) = 39.564 \text{ mm}$$

Tabel 3.6 Dimensi Antena *Patch Meanderline* Dengan Perhitungan Matematis
DGS (Defected Ground Structure)

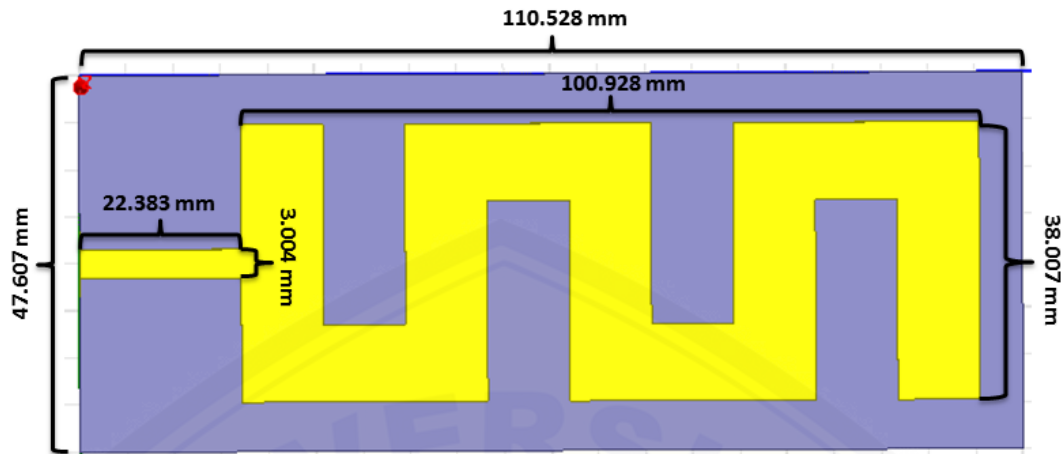
No	Nama (parameter)	Variabel	Dimensi (ukuran)
1	Panjang <i>Substrate</i>	L_s	47.607 mm
2	Lebar <i>Substrate</i>	W_s	110.528 mm
3	Panjang <i>Patch</i>	L_p	38.007 mm
4	Lebar <i>Patch</i>	w_p	100.928 mm
5	Panjang Pencatu	L	22.383 mm
6	Lebar Pencatu	W	3.044 mm
7	Panjang <i>DGS</i>	L	39.564 mm
8	Lebar <i>DGS</i>	W	15.125 mm

3.7.11 Hasil Desain Perancangan Antena *Patch Meanderline DGS*

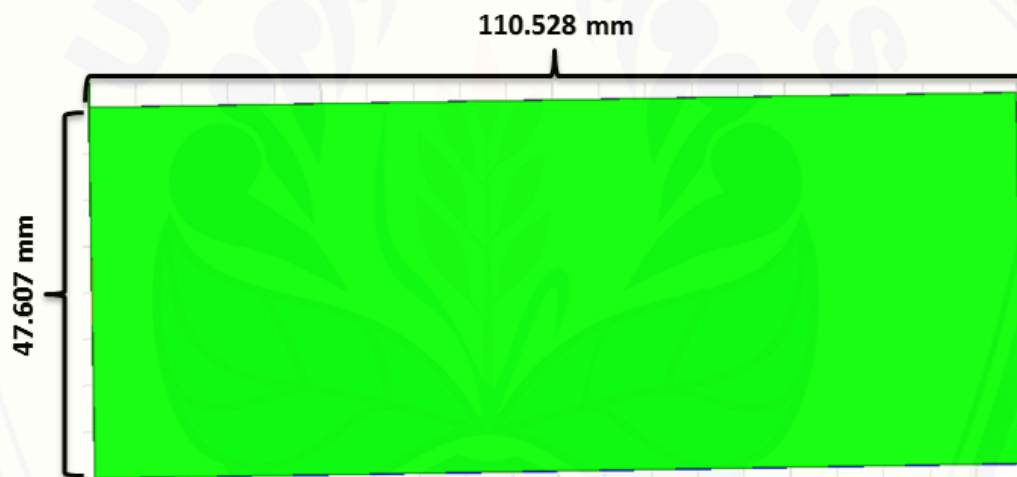
Pada proses mendesain antena *patch meanderline* sebelum menggunakan *DGS (Defected Ground Structure)* sesuai tabel 3.6 dapat dilihat berikut ini :



Gambar 3.13 Antena *Patch Meanderline* Sebelum Menggunakan *DGS* Secara Simulasi



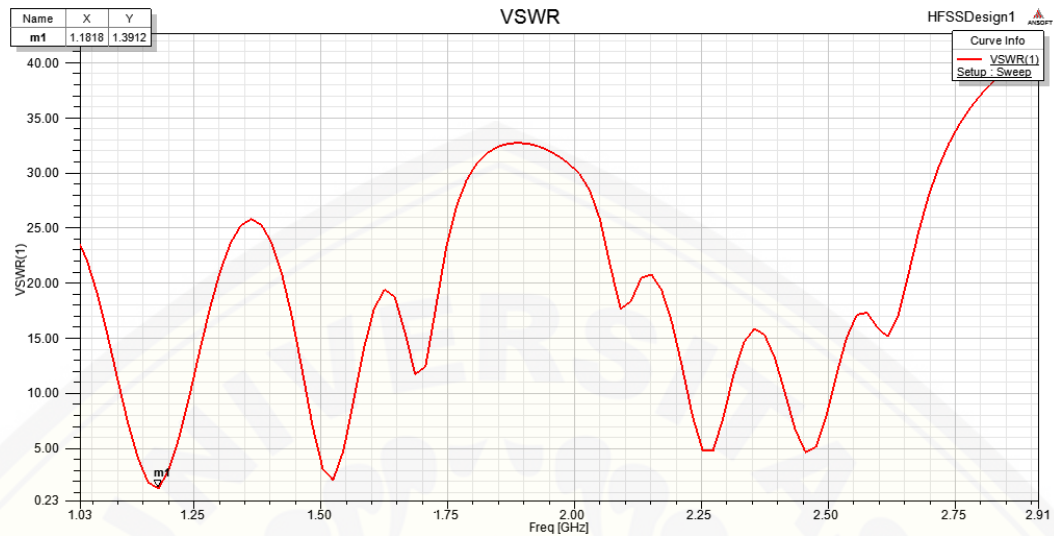
Gambar 3.14 Antena *Patch Meanderline* Sebelum Menggunakan *DGS* Beserta Dimensi (Tampak Atas)



Gambar 3.15 Antena *Patch Meanderline* Sebelum Menggunakan *DGS* Beserta Dimensi (Tampak Bawah)

Adapun pada gambar 3.14 dan 3.15 merupakan hasil simulasi HFSS v13 beserta dimensi sehingga dapat diketahui bentuk dari ukuran antena *patch meanderline* sebelum menggunakan *DGS* secara detail melalui gambar tersebut.

Pada perancangan antena *patch meanderline* didapatkan VSWR 1.3912, tetapi pada frekuensi kerja 1.1818 GHz dapat dilihat pada Gambar 3.16 berikut :



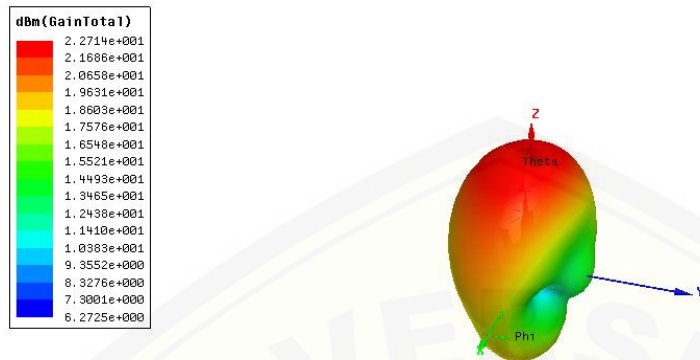
Gambar 3.16 Grafik VSWR Antena *Patch Meanderline* Sebelum Menggunakan *DGS*

Kemudian nilai *return loss* sebesar -15.7241 dB bekerja pada frekuensi 1.1818 GHz dapat dilihat pada Gambar 3.17 berikut :



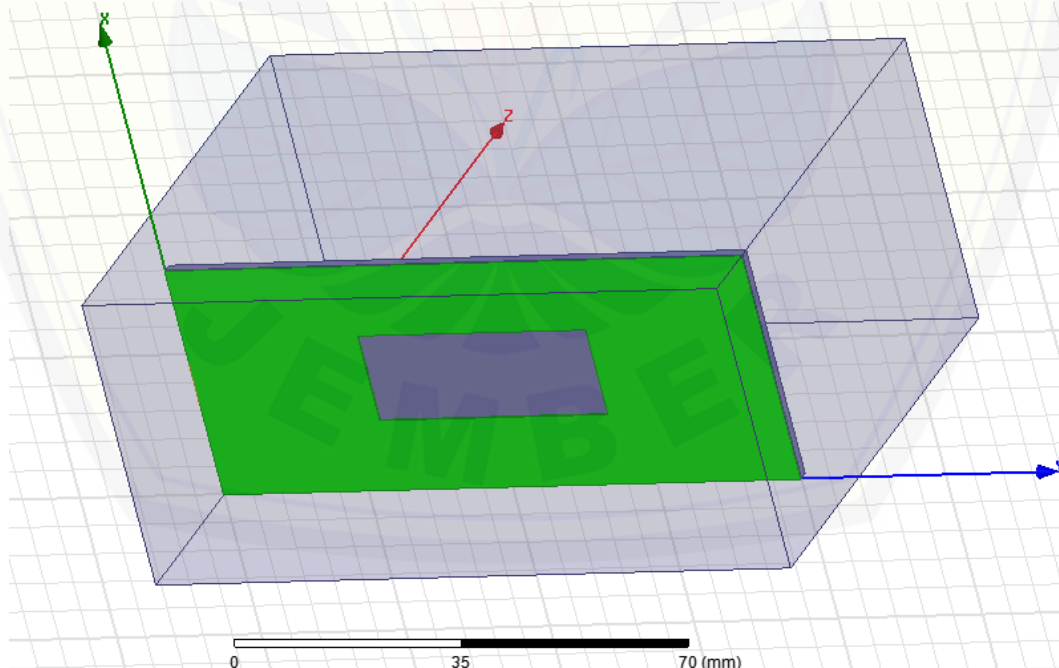
Gambar 3.17 Grafik *Return Loss* Antena *Patch Meanderline* Sebelum Menggunakan *DGS*

Pada perancangan desain antenna *patch meanderline* diperoleh nilai *gain* sebesar 22.714 dBm dapat dilihat pada Gambar 3.18 berikut :

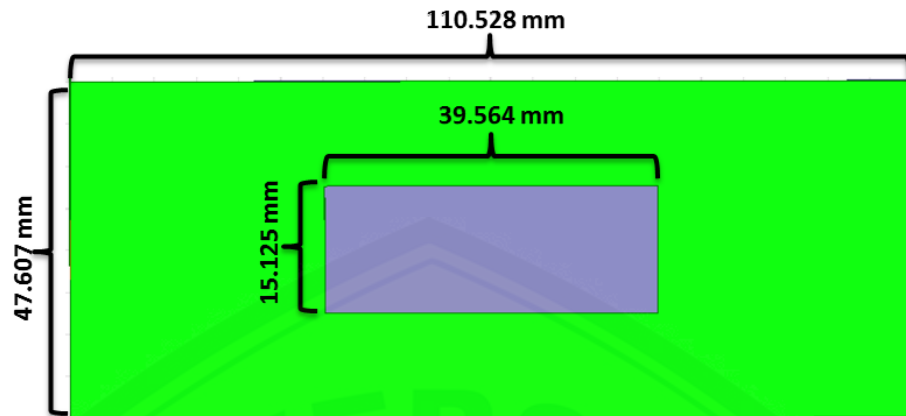


Gambar 3.18 *Gain* 3D Antena *Patch Meanderline* Sebelum Menggunakan *DGS*

Dari Gambar 3.16 dan 3.17 frekuensi kerja yaitu 1.1818 GHz, menunjukkan bahwa frekuensi belum memenuhi syarat yang ditentukan. Kemudian pada Gambar 3.12 *gain* yang dihasilkan yaitu 22.714 dBm. Selanjutnya proses mendesain antenna *patch meanderline* menggunakan *DGS* (*Defected Ground Structure*) dapat dilihat pada Gambar 3.19 berikut ini :

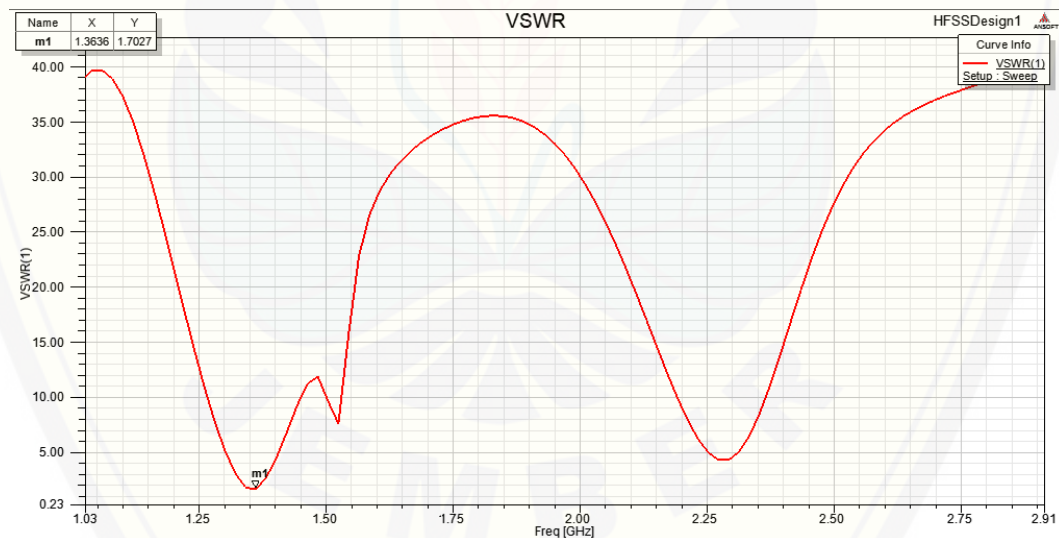


Gambar 3.19 Antena *Patch Meanderline* Setelah Menggunakan *DGS* Secara Simulasi



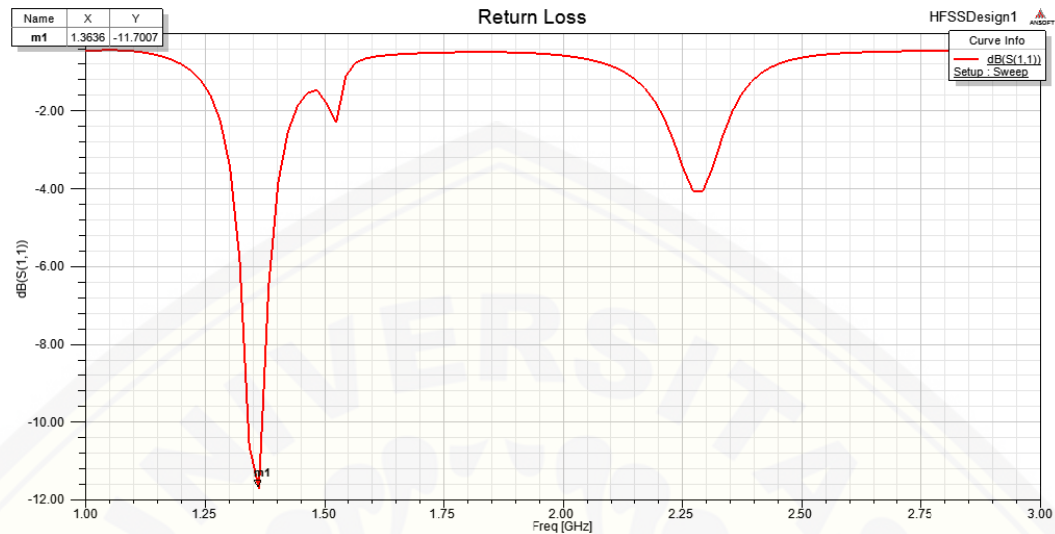
Gambar 3.20 Antena *Patch Meanderline* Sesudah Menggunakan *DGS* Beserta Dimensi (Tampak Bawah)

Pada perancangan antena *patch meanderline* menggunakan *DGS* (*Defected Ground Structure*) didapatkan VSWR 1.7072, tetapi bekerja di frekuensi 1.3636 GHz dapat dilihat pada Gambar 3.21 berikut :



Gambar 3.21 Grafik VSWR Antena *Patch Meanderline* Sesudah Menggunakan *DGS*

Kemudian nilai *return loss* sebesar -11.7007 dB bekerja pada frekuensi 1.3636 GHz dapat dilihat pada Gambar 3.22 berikut :



Gambar 3.22 Grafik *Return Loss* Antena *Patch Meanderline* Sesudah Menggunakan *DGS*

Pada perancangan desain antena *patch meanderline* menggunakan *DGS* (*Defected Ground Structure*) diperoleh nilai *gain* sebesar 19.142 dBm dapat dilihat pada Gambar 3.23 berikut :



Gambar 3.23 *Gain* 3D Antena *Patch Meanderline* Sesudah Menggunakan *DGS*

Dari Gambar 3.21 mendapatkan nilai *VSWR* sebesar 1.7072 yang bekerja pada frekuensi 1.3636 GHz, untuk nilai *return loss* sebesar -11.7007 dB dengan *gain* yang dimiliki 19.142 dBm, menunjukkan bahwa *DGS* (*Defected Ground Structure*) dapat menggeser frekuensi kerja dari 1.1818 GHz menjadi 1.3636

GHz, lalu mengubah nilai VSWR dari 1.3912 menjadi 1.7072, kemudian mengubah nilai *return loss* yang semula -15.7241 dB menjadi -11.7007 dB, dengan perubahan *gain* 19.142 dBm. Pergeseran frekuensi sebesar 0.1818 GHz, VSWR mengalami penurunan sebesar 0.316, begitu juga dengan *return loss* penurunan 4.0234 dB, lalu *gain* penurunan sebesar 3.572 dBm, maka perlu adanya proses iterasi dalam proses perancangan desain antenna *patch meanderline* supaya bekerja pada frekuensi, VSWR, *return loss* dan *gain* yang diinginkan.

Dalam mengatasi permasalahan perancangan antenna *patch meanderline* yang memenuhi standar yang telah ditentukan, maka perlu adanya proses iterasi perhitungan dimensi antenna *patch meanderline*. Pada proses iterasi yang dilakukan dalam perancangan antenna *patch meanderline* adalah dengan mengubah dimensi substrat, dimensi patch, dimensi pencatu dan dimensi *DGS (Defected Ground Structure)*. Awal dari proses iterasi sehingga bertemu dengan frekuensi 1.8283 GHz, ketika menggunakan proses matematis *patch meanderline* pada frekuensi 2.4 GHz kemudian disimulasikan didapatkan hasil dimensi panjang substrat 39 mm, lebar substrat 97 mm, panjang *patch* 29,76 mm, lebar *patch* 77.69 mm, panjang pencatu 17.15 mm dan lebar pencatu 3.044 mm seperti pada tabel 3.7 nomor urut 1. Untuk lebih detail dapat dilihat pada tabel 3.7 berikut :

Tabel 3.7 Hasil Iterasi Antena *Patch Meanderline* Sebelum Dan Sesudah *DGS*
(*Defected Ground Structure*)

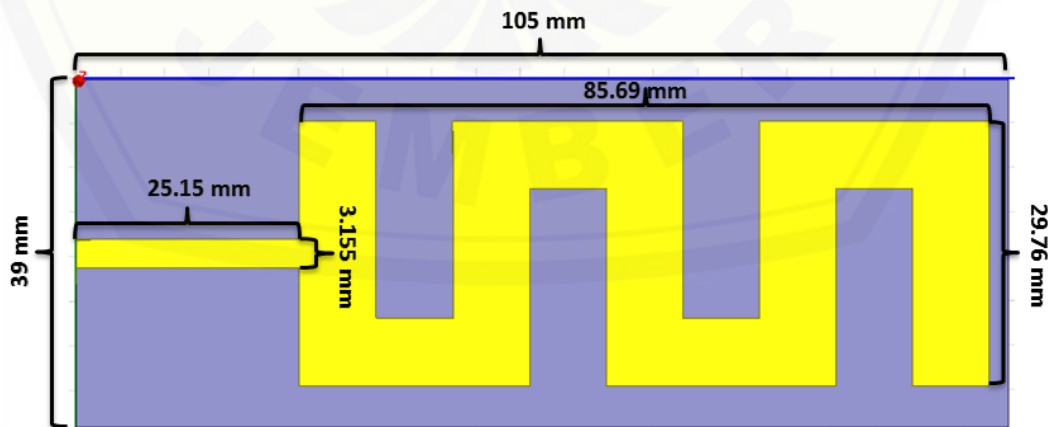
No	Dimensi Substrat		Dimensi <i>Patch</i>		Dimensi Pencatu		Freq (GHz)	Return Loss (dB)	Dimensi <i>DGS</i>		Freq (GHz)	Return Loss (dB)	Gain	
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Lebar (mm)			Panjang (mm)	Lebar (mm)			Sebelum <i>DGS</i> (dBm)	Sesudah <i>DGS</i> (dBm)
1	39	97	29.76	77.69	17.15	3.044	1.83	-12.22	5	2	1.8485	-15.00	19.843	20.117
2	39	97	29.76	77.69	17.15	3.044	1.83	-12.22	5	4	1.8485	-16.06	19.843	19.935
3	39	97	29.76	77.69	17.15	3.044	1.83	-12.22	5	3	1.8485	-15.16	19.843	20.416
4	39	97	29.76	77.69	17.15	3.044	1.83	-12.22	6	3	1.8283	-12.17	19.843	20.513
5	39	97	29.76	77.69	17.15	3.044	1.83	-12.22	6	2	1.8283	-15.48	19.843	20.133
6	39	97	29.76	77.69	17.15	3.044	1.83	-12.22	6	4	1.8283	-10.71	19.843	20.719
7	39	97	29.76	77.69	17.15	3.044	1.83	-12.22	7	4	1.8283	-15.63	19.843	21.086
8	39	97	29.76	77.69	17.15	3.044	1.83	-12.22	7	3	1.8283	-12.87	19.843	20.684
9	39	97	29.76	77.69	17.15	3.044	1.83	-12.22	6	5	1.8283	-10.59	19.843	20.544
10	39	97	29.76	77.69	17.15	3.044	1.83	-12.22	7	5	1.8283	-15.81	19.843	21.332
11	39	97	29.76	77.69	17.15	3.044	1.83	-12.22	7	6	1.8283	-11.60	19.843	21.589
12	39	97	29.76	77.69	17.15	3.044	1.83	-12.22	7	2	1.8485	-11.80	19.843	20.359
13	39	97	29.76	77.69	17.15	3.044	1.83	-12.22	8	2	1.8283	-15.30	19.843	20.825
14	39	97	29.76	77.69	17.15	3.044	1.83	-12.22	8	3	1.8283	-12.76	19.843	21.322
15	39	97	29.76	77.69	17.15	3.044	1.83	-12.22	8	4	1.8081	-11.8	19.843	21.547
16	39	97	29.76	77.69	17.15	3.044	1.83	-12.22	8	5	1.8081	-13.41	19.843	21.980
17	39	97	29.76	77.69	17.15	3.044	1.83	-12.22	8	6	1.8081	-11.93	19.843	22.188
18	39	97	29.76	77.69	17.15	3.044	1.83	-12.22	8	7	1.8081	-13.58	19.843	22.406
19	39	97	29.76	77.69	17.15	3.044	1.83	-12.22	9	8	1.7677	-14.72	19.843	23.302
20	39	97	29.76	77.69	17.15	3.044	1.83	-12.22	9	7	1.7677	-11.42	19.843	22.999
21	39	97	29.76	77.69	17.15	3.044	1.83	-12.22	9	6	1.7879	-14.77	19.843	22.865
22	39	97	29.76	77.69	17.15	3.044	1.83	-12.22	9	5	1.7879	-11.41	19.843	22.577
23	39	97	29.76	77.69	17.15	3.044	1.83	-12.22	9	4	1.7879	-11.48	19.843	22.025
24	39	97	29.76	77.69	17.15	3.044	1.83	-12.22	9	3	1.8081	-15.02	19.843	21.949
25	39	97	29.76	77.69	17.15	3.044	1.83	-12.22	9	2	1.8081	-13.14	19.843	21.453
26	39	100	30	77.69	21.15	6	1.73	-14.67	39.564	15.125	1.9091	-14.91	21.397	25.022
27	40	100	30	78.3	17.15	3.044	1.91	-11.26	39.564	15.125	1.8283	-11.74	20.629	28.109
28	40	100	29.5	78.3	17.15	3.044	1.89	-11.96	39.564	15.125	1.8283	-12.35	20.111	28.141
29	39	105	29.76	85.69	25.15	3.044	1.85	-15.76	7	5	1.8283	-16.18	19.824	21.198
30	39	105	29.76	85.69	25.15	3.044	1.85	-15.76	7	4	1.8283	-17.47	19.804	21.057
31	39	105	29.76	85.69	25.15	3	1.85	-15.76	7	4	1.8283	-16.07	19.804	20.680
32	39	105	29.76	85.69	25.15	3.1	1.85	-15.76	7	4	1.8283	-14.89	19.804	20.812
33	39	105	29.76	85.69	25.15	3.155	1.85	-15.76	7	4	1.8283	-20.30	19.804	20.842
34	39	105	29.76	85.69	25.15	3.155	1.85	-15.76	7.5	4	1.8283	-17.83	19.804	21.205
35	39	105	29.76	85.69	25.15	3.155	1.85	-15.76	7.3	4	1.8283	-18.27	19.804	21.046
36	39	105	29.76	85.69	25.15	3.165	1.85	-15.76	7	4	1.8283	-18.09	19.804	20.918

Dari hasil proses iterasi yang dihasilkan dengan mengubah dimensi substrat, dimensi *patch*, dimensi pencatu dan dimensi *DGS* (*Defected Ground Structure*) mendekati hasil yang telah ditentukan dengan spesifikasi antenna yang bekerja harus pada frekuensi 1710 MHz – 1880 MHz, kemudian nilai $VSWR \leq 2$, lalu untuk besar nilai *return loss* yaitu ≤ -10 dB, dan *gain* ≤ 2 dBm terdapat pada iterasi nomor 33. Kemudian untuk hasil dari spesifikasi antenna dapat dilihat pada tabel 3.8 berikut :

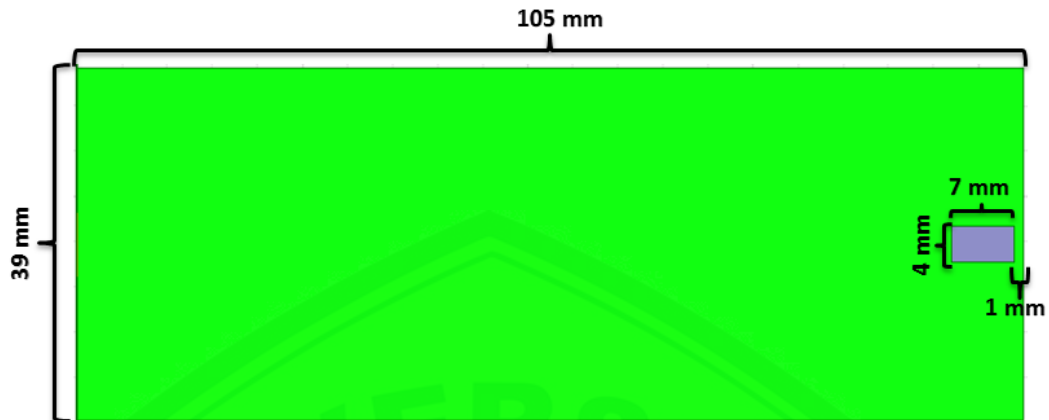
Tabel 3.8 Dimensi Iterasi Antena *Patch Meanderline* Menggunakan *DGS* (*Defected Ground Structure*)

No	Nama (parameter)	Variabel	Dimensi (ukuran)
1	Panjang Substrat	L_s	39 mm
2	Lebar Substrat	W_s	105 mm
3	Panjang <i>patch</i>	L_p	29.76 mm
4	Lebar <i>patch</i>	w_p	85.69 mm
5	Panjang pencatu 50 Ω	L	25.15 mm
6	Lebar Pencatu 50 Ω	W	3.155 mm
7	Panjang <i>DGS</i>	L	7 mm
8	Lebar <i>DGS</i>	W	4 mm

Dari hasil proses iterasi tersebut, didapatkan frekuensi tengah sebelum *DGS* (*Defected Ground Structure*) sebesar 1.85 GHz lalu sesudah *DGS* (*Defected Ground Structure*) sebesar 1.83 GHz mengalami pergeseran 0.020 GHz, dengan nilai *return loss* sebelum *DGS* (*Defected Ground Structure*) sebesar -15.76 dB lalu sesudah *DGS* (*Defected Ground Structure*) mengalami perbaikan nilainya menjadi -20.30 dB, sedangkan *gain* sebelum *DGS* (*Defected Ground Structure*) yaitu 19.804 dBm lalu sesudah *DGS* (*Defected Ground Structure*) meningkat menjadi 20.842 dBm. Berikut hasil perancangan antena *patch meanderline* setelah proses iterasi dapat dilihat pada Gambar 3.24 :



Gambar 3.24 Hasil Perancangan Antena *Patch Meanderline* Menggunakan *DGS* Setelah Iterasi (Tampak Depan)



Gambar 3.25 Hasil Perancangan Antena *Patch Meanderline* Menggunakan *DGS* Setelah Iterasi (Tampak Belakang)

Untuk grafik nilai VSWR, *return loss* dan *gain* antena *patch meanderline* menggunakan *DGS* (*Defected Ground Structure*) setelah proses iterasi dapat dilihat pada Gambar 3.26, 3.27 dan 3.28, yang nantinya akan dilakukan proses fabrikasi dan pengujian secara simulasi maupun secara pengukuran di laboratorium antena dan propagasi (uji antena) PENS Surabaya.



Gambar 3.26 Grafik VSWR Antena *Patch Meanderline* Menggunakan *DGS* Setelah Proses Iterasi



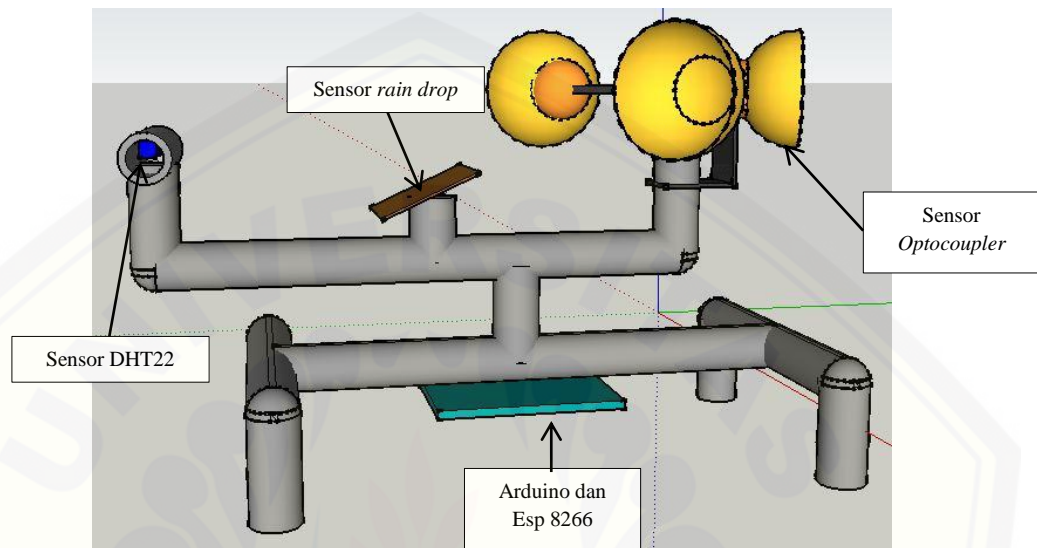
Gambar 3.27 Grafik *Return Loss* Antena *Patch Meanderline* Menggunakan *DGS* Setelah Proses Iterasi



Gambar 3.28 *Gain* 3D Antena *Patch Meanderline* Menggunakan *DGS* Setelah Proses Iterasi

3.8 Perancangan Desain Alat *Monitoring* Cuaca Berbasis *IoT* (*Internet of Things*)

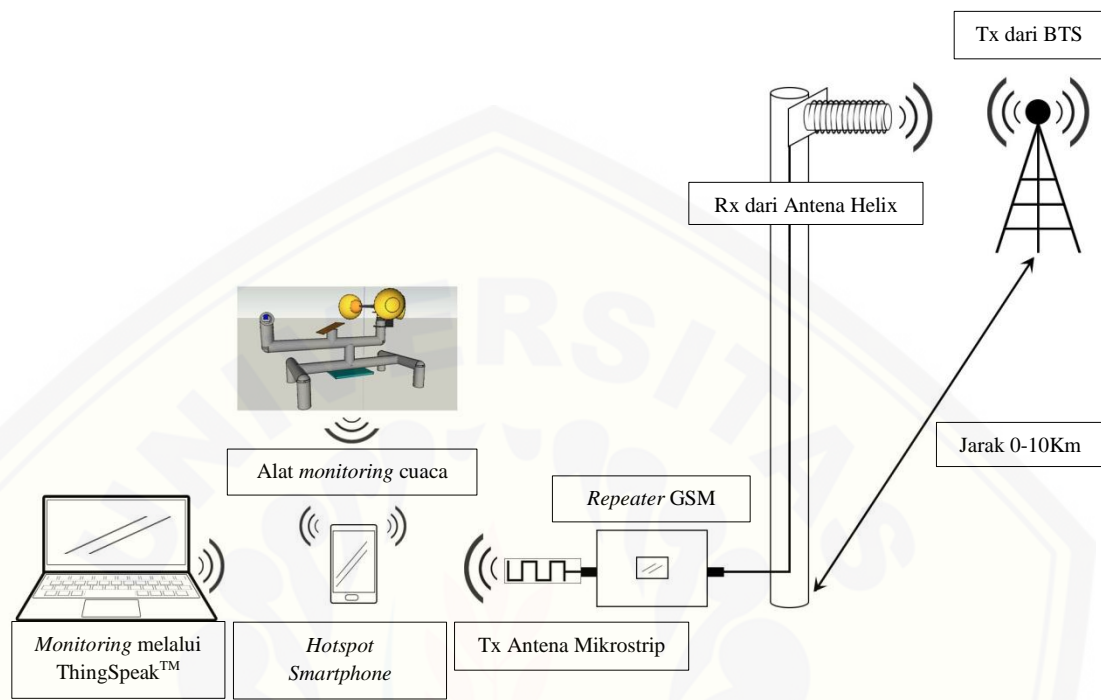
3.8.1 Hasil Desain Perancangan Alat *Monitoring* Cuaca Berbasis *IoT* (*Internet of Things*)



Gambar 3.29 Desain Alat *Monitoring* Cuaca Berbasis *IoT* (*Internet of Things*)

Dari Gambar 3.29 terdapat beberapa sensor yaitu sensor *optocoupler* yang berfungsi untuk mendeteksi kecepatan angin menggunakan tipe MOC70T3, dengan proses kerja memotong aliran *infrared* sehingga menghasilkan pulsa-pulsa dan dikonversikan menggunakan perhitungan RPM to *speedwind*, kemudian untuk sensor *rain drop* memakai indikator ADC dengan rentang < 600 berupa kondisi hujan sedangkan ≥ 600 berupa kondisi tidak hujan, dan sensor DHT22 bekerja membaca suhu dan kelembaban. Adapun untuk mikrokontroler menggunakan arduino uno yang terpasang oleh ESP-8266 sebagai modul *wifi* yang berfungsi untuk mengirimkan data sensor ke *server* ThingspeakTM. Dalam ThingspeakTM dapat kita mengetahui data *monitoring* cuaca dari tempat yang jauh asalkan kita mengetahui alamat *channel* dan terhubung dengan koneksi internet.

3.8.2 Proses Pengujian Integrasi Antena *Helix Mode Axial* dan *Patch Meanderline* Menggunakan *DGS* pada *Repeater GSM*



Gambar 3.30 Skema *Monitoring Cuaca Berbasis IoT (Internet of Things)*

Dari Gambar 3.30 menunjukkan bahwa proses pengujian integrasi antena *helix mode axial* dan *patch meanderline DGS*, lalu pada proses integrasi kedua antena tersebut menggunakan konektor SMA dan N sehingga *repeater GSM* dapat bekerja ketika dipasangkan oleh kedua antena tersebut. Untuk data *sheet repeater GSM* adalah sebagai berikut :

Tabel 3.9 Data *Sheet Repeater GSM* Penguat Sinyal

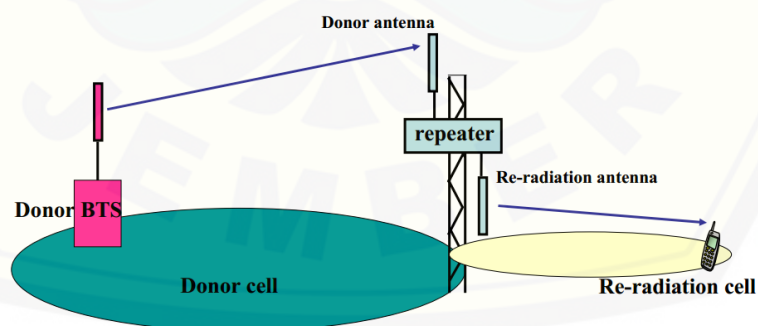
No.	Parameter	Keterangan
1	Tipe Jaringan	2G dan 3G
2	Rincian Jaringan	GSM dan WCDMA
3	<i>Gain</i> Antena	5 dBi (Omnidireksional)
4	<i>Daya Output</i>	17-27 dBm/W
5	I/O Impedansi	50 Ohm / konektor tipe N
6	Dimensi <i>Repeater GSM</i>	140 x 100 x 20 mm

Sumber : (*Mobile Phone Signal Repeater*)



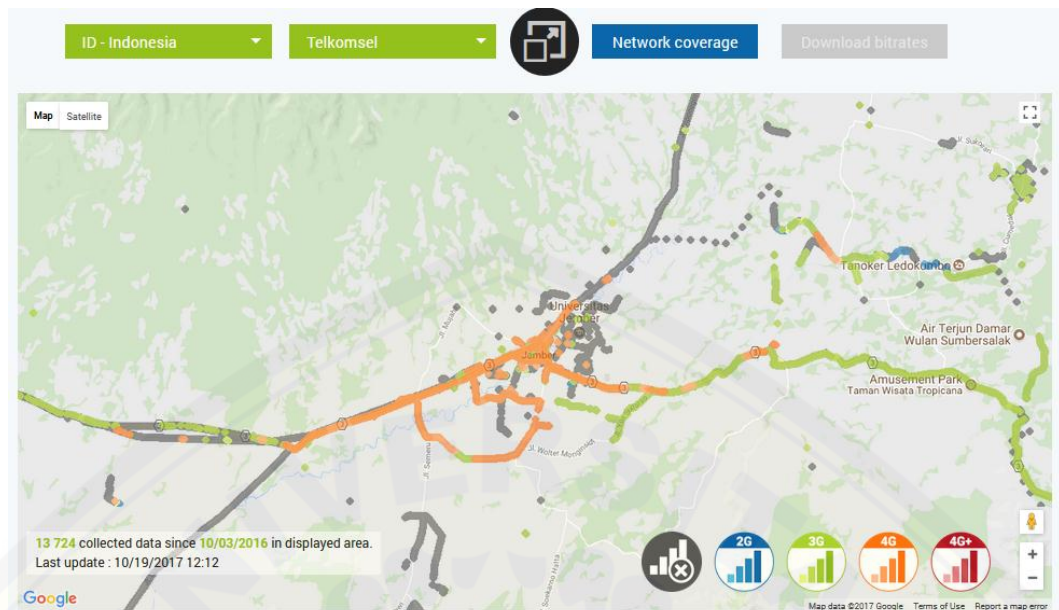
Gambar 3.31 Repeater GSM

Dari Gambar 3.31 merupakan tampilan dari *repeater* GSM yang menggunakan konektor N pada kedua sisi yaitu antenna penerima dan antenna *rebroadcast*, kemudian pada tabel 3.9 menunjukkan antenna bawaan terutama pada sisi antenna penerima menggunakan *gain* 5 dBi dengan sifat omnidireksional, sehingga belum mampu digunakan untuk jarak yang jauh dari BTS. Kemudian dalam hal ini penulis menggantinya menggunakan antenna *helix mode axial* yang rata-rata memiliki *gain* lebih dari 10 dBi dengan pola radiasi direksional mengarah satu titik dalam hal ini yaitu BTS. Adapun skema pengujian antenna *helix mode axial* dan *patch meanderline* menggunakan *DGS* dapat dilihat pada Gambar 3.32 sebagai berikut :

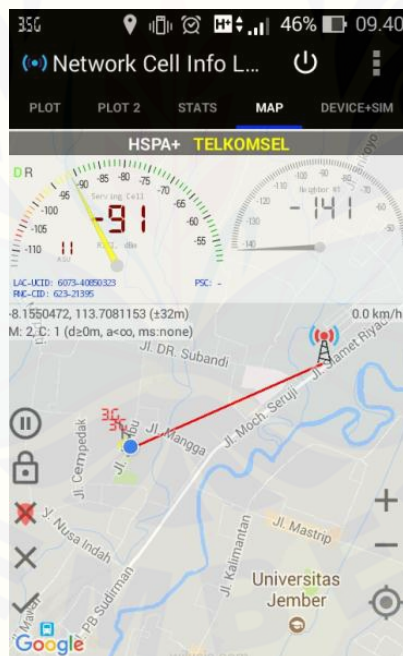


Gambar 3.32 Pengujian Antena yang Terintegrasi Repeater GSM

Dalam mencari daerah minimum sinyal, peneliti akan menggunakan data dari www.nperf.com dan *record* data dengan *software android Network Cell Info Lite* sebagai berikut:



Gambar 3.33 Hasil Screenshot Network Coverage Operator Telkomsel



Gambar 3.34 Hasil Screenshot Software Android Network Cell Info Lite Operator Telkomsel

Tabel 3.10 Pengujian Antena Repeater Pada Daerah Rural (Miskin Sinyal)

No	Jarak terjauh antena Rx dari jangkauan BTS	RSSI (received signal strength indicator)	Kategori
1			

Tabel 3.11 Pengujian Antena *Repeater* Pada Daerah Urban Tanpa *Obstacle*

No	Jarak antena Rx dari jangkauan BTS	RSSI (<i>received signal strength indicator</i>)	Kategori
1			

Tabel 3.12 Pengujian Antena *Repeater* Pada Daerah Urban Dengan *Obstacle*

No	Jarak antena Rx dari jangkauan BTS	RSSI (<i>received signal strength indicator</i>)	Kategori
1			

Tabel 3.13 Pengujian Alat *Monitoring* Cuaca Berbasis *IoT*(*Internet of Things*)

No	Waktu	Kecepatan Angin	Suhu	Kelembaban	<i>Rain drop</i>
1					
...					

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian perancangan antenna *helix mode axial* dan *patch meanderline* menggunakan *DGS(Defected Ground Structure)* untuk aplikasi *LPWAN (Low Power Wide Area Networks)* berbasis *IoT* pada daerah *rural* dapat diambil kesimpulan yaitu

1. Pada perancangan dan fabrikasi antenna *helix mode axial* mempunyai hasil parameter memenuhi standar yaitu pada hasil simulasi antenna bekerja pada frekuensi 1.72 GHz dengan hasil *VSWR* 1.05, *return loss* -32.23 dB dan *gain* 12.974 dBi, sedangkan pada hasil pengukuran bekerja pada frekuensi 1.75 GHz dengan hasil dari *VSWR* 1.88, *return loss* -11.9 dB dan *gain* 13.4 dBi. Adapun bentuk pola radiasi antara hasil simulasi dan hasil pengukuran memiliki kesamaan yaitu direksional, dengan *back lobe* hasil pengukuran lebih besar dari sudut 110° - 230° sedangkan hasil simulasi hanya 170° - 190° . Sedangkan polarisasi antenna *helix mode axial* yaitu polarisasi *circular*.
2. Pada perancangan dan fabrikasi antenna *patch meanderline DGS* mempunyai hasil parameter memenuhi standar yaitu pada hasil simulasi antenna bekerja pada frekuensi 1.83 GHz dengan hasil *VSWR* 1.21, *return loss* -20.30 dB, dan *gain* -13.15 dBi dengan pola radiasi bi-direksional, sedangkan pada hasil pengukuran bekerja pada frekuensi 1.77 GHz dengan hasil *VSWR* 1.13, *return loss* -24.3 dB, dan *gain* -6.4 dBi dengan pola radiasi omnidireksional. Sedangkan polarisasi antenna *patch meanderline DGS* yaitu polarisasi *linear*.
3. Pada hasil pengujian di daerah *rural* tepatnya Dusun Mojan, Desa Klungkung RT 002 RW 15, Kecamatan Sukorambi, Kabupaten Jember dengan jarak 6668m dari BTS terbukti bahwa sebelum ada *repeater* GSM memiliki nilai sinyal *RSSI* rata-rata -87.93 dBm dalam jaringan EDGE, kemudian ketika menggunakan *repeater* GSM naik, nilai sinyal *RSSI* rata-ratanya -89.93 dBm dalam jaringan HSPA+ sehingga dapat digunakan untuk *monitoring* cuaca di daerah *rural* berbasis *IoT*. Kemudian pada hasil pengujian di daerah *urban* terbukti bahwa *obstacle* dapat mempengaruhi kekuatan sinyal *RSSI* berikut

data hasilnya ketika pengujian di Fakultas Teknik Universitas Jember menggunakan *obstacle* gedung A dan B dengan jarak 450m dari BTS, nilai rata-rata *RSSI* sebesar -76.73 dBm dalam jaringan HSPA+ (sinyal sedang) kemudian ketika pengujian di gedung ukm Fakultas Teknik lantai 3 dengan jarak 1824m dari BTS, nilai rata-rata *RSSI* sebesar -65.2 dBm dalam jaringan HSPA+ (sinyal kuat) sehingga *obstacle* gedung memiliki pelemahan sebesar -11.53 dBm.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian perancangan antenna *helix mode axial* dan *patch meanderline* menggunakan *DGS (Defected Ground Structure)* untuk aplikasi *LPWAN (Low Power Wide Area Networks)* berbasis *IoT* pada daerah *rural*. Penulis mempunyai saran agar dapat dikembangkan di masa yang akan datang yaitu

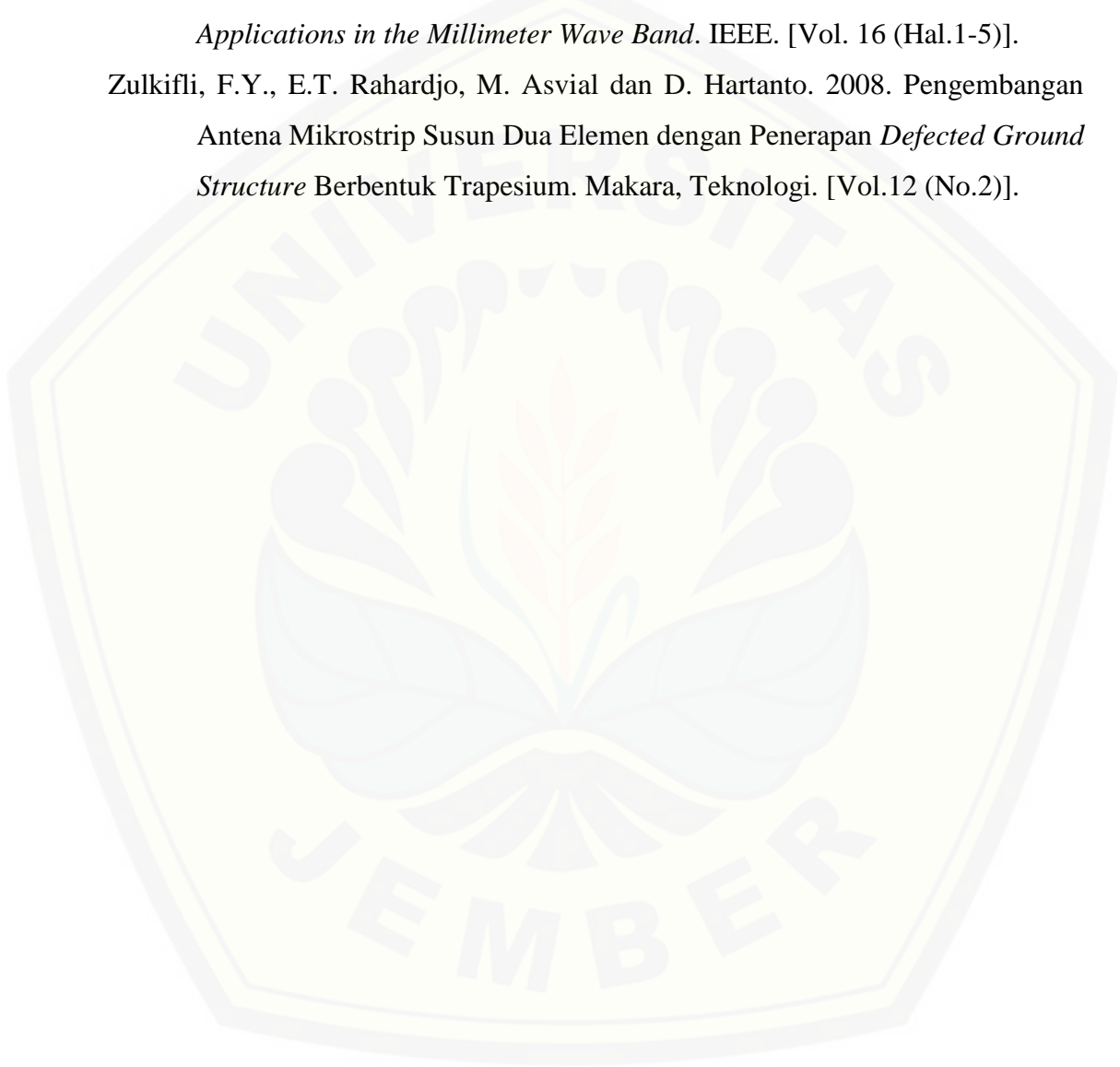
1. Desain fabrikasi antenna *helix mode axial* agar lebih diperbesar supaya sesuai dengan simulasi serta ukuran *ground plane* diperbesar supaya tidak timbul *back lobe*.
2. Proses fabrikasi perlu ketelitian supaya parameter antenna memenuhi standar kelayakan antenna.
3. Menggunakan antenna lain pada *rebroadcast* yang memiliki sifat sama yaitu omnidireksional.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, G.M., M.A. Wibisono dan A. Munir. 2016. *High Gain 2.4GHz Patch Antenna Array for Rural Area Application*. Cilacap : State Polytechnic of Cilacap.
- Azis, K. 2017. Perancangan Sistem Pendukung Cuaca Sebagai Informasi Bagi Nelayan (Studi Kasus Nelayan Pantai Puger). *Skripsi*. Jember : Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Balanis , C.A. 2005. *ANTENNA THEORY ANALYSIS AND DESIGN*. Canada : John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Bangun, R.C.A, A.H. Rambe. 2015. Analisis Antena Mikrostrip Susun 2 Elemen Patch Segiempat dengan Defected Ground Structure Berbentuk Segiempat. Singuda Ensikom. [Vol.13 (No.36)].
- Chee, K.L., A. Anggraini dan T. Kurner. 2012. *Effects of Carrier Frequency, Antenna Height and Season on Broadband Wireless Access in Rural Areas*. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. [Vol.8 (No.7)].
- Dwijayatno, F.M., Y. Christyono dan I. Santoso. 2014. Perancangan Antena Helix untuk Meningkatkan Daya Terima Sinyal GSM 900 yang Memiliki Level Daya Rendah. *Transient*. [Vol.3 (No.4)].
- Elftouh, H., N.A. Touhami dan M. Aghoutane. 2014. *Miniaturized Microstrip Patch Antenna with Defected Ground Structure*. *Progress in Electromagnetics Research*. [Vol.55 (hal. 25-33)].
- Fahmi, A. 2017. *Prototype dan Realisasi Antena Mikrostrip Meander-Line dengan Metode Line Feeding untuk Optimasi Jarak Pentransmisian Data Monitoring Kelembaban Tanah Berbasis Modul RF APC220*. *Skripsi*. Jember : Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Faizal, I., 2016. Pengembangan Antena Heliks X-Band 8,2 GHz untuk Satelit Mikro. Pusat Teknologi Satelit. [Vol.14 (No.2)].
- Haider, A., R. Rahman, O.F. Noor, F. Alam dan R.M. Huq. 2017. *Towards an IEEE 802.22 (WRAN) Based Wireless Broadband for Rural Bangladesh – Antenna Design and Coverage Planning*. Bangladesh : BRAC University.

- Handias, B. dan B.K. Yakti. 2014. Perbandingan Implementasi Antena Yagi dan *Helix* sebagai Aplikasi *Wireless Fidelity(Wi-Fi)*. *Proceeding Applied Business and Engineering Conference*.
- Jangid, K.G., V. Sharma, R. Sharma, V.K. Saxena, D. Bhatnagar dan V.S. Kulhar. 2015. *Design of Compact Microstrip Patch Antenna with DGS Structure for WLAN & Wi-MAX Applications*. *European Journal of Advances in Engineering and Technology*. [Vol.2 (No.1)].
- Manchanda, S., M. Hatwar dan B. Abhisek. 2014. *Design of Meander Line Antenna for Operating Frequency of 2.5 GHz*. *International Journal of Computer Applications*. [Vol.93 (No.19)].
- Pratama, A. M. T. 2017. *Beamforming Isotropic Adaptive Rectangular Antenna Array pada Smart Antenna dengan Menggunakan Algoritma Least Mean Square (LMS) Kondisi Stasioner*. *Skripsi*. Jember : Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Rambe, A.H. 2008. Rancang Bangun Antena Mikrostrip *Patch Segiempat Planar Array* 4 Elemen Dengan Pencatuan *Aperture-Coupled* untuk Aplikasi CPE pada WIMAX. *Tesis*. Jakarta : Program Pasca Sarjana Universitas Indonesia.
- Saleh, F. 2015. Rancang Bangun Antena Mikrostrip Metode *Phase Array* Peradiasi *Rectangular 4 Element Patch* Frekuensi 900 MHz. *Skripsi*. Jember : Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Sinaga, R. dan A.H. Rambe. 2014. Analisis Perbandingan Antara Saluran Pencatu *Feed Line* dan *Proximity Coupled* untuk Antena Mikrostrip *Patch Segiempat*. *Singuda Ensikom*. [Vol.93 (No.3)].
- Stutzman, W.L. dan Thiele G.A. 2013. *Antenna Theory and Design*. United States of America:John Wiley & Sons,Inc.
- Wicaksono, A., A.A. Zahra. 2011. Repeater Yolycom Sebagai Penguat Sinyal Indoor di PT. Indosat, TBK Semarang.
- Wirawan, D. A. 2017. Rancang Bangun dan Implementasi Antena Mikrostrip *Meanderline* dengan Metode *Line Feed* pada Sistem *Monitoring Ph Air*. *Skripsi*. Jember : Fakultas Teknik Universitas Jember.

- Yuliandoko, H. dan M.D. Ayatullah. 2014. Pengaruh Material Helix (Lilitan) Terhadap Kekuatan Sinyal yang Dipancarkan Antena Helix 2,4 GHz. Sentika.
- Zaidi, A., Baghdad A., Ballouk A. dan Badri A. 2016. *Design and Optimization of an Inset Fed Circular Microstrip Patch Antenna Using DGS Structure for Applications in the Millimeter Wave Band*. IEEE. [Vol. 16 (Hal.1-5)].
- Zulkifli, F.Y., E.T. Rahardjo, M. Asvial dan D. Hartanto. 2008. Pengembangan Antena Mikrostrip Susun Dua Elemen dengan Penerapan *Defected Ground Structure* Berbentuk Trapesium. Makara, Teknologi. [Vol.12 (No.2)].

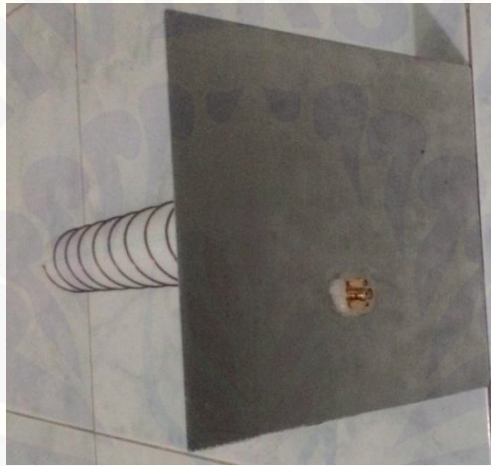


LAMPIRAN

A. Dokumentasi Foto dan Alat



Gambar 1. Antena *Helix Mode Axial* Tampak Depan



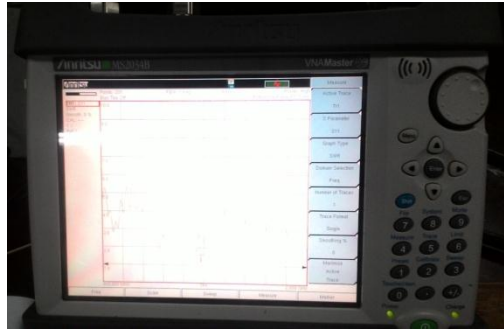
Gambar 2. Antena *Helix Mode Axial* Tampak Bawah



Gambar 3. Antena *Patch Meanderline DGS* Tampak Atas



Gambar 4. Antena *Patch Meanderline DGS* Tampak Bawah



Gambar 5. VNA (*Vector Network Analyzer*)



Gambar 6. Proses Pengujian di Ruang *Anechoic Chamber*



Gambar 7. Proses Pengujian VSWR dan *Return Loss* Antena *Helix Mode Axial*



Gambar 8. Proses Pengujian VSWR dan *Return Loss* Antena *Patch Meanderline DGS*



Gambar 9. Proses Pengujian di Daerah *Rural*



Gambar 10. Proses Pengujian di Daerah *Urban* dengan *Obstacle*



Gambar 11. Proses Pengujian di Daerah *Urban* tanpa *Obstacle*



Gambar 12. Proses Integrasi Antena ke *Repeater* GSM



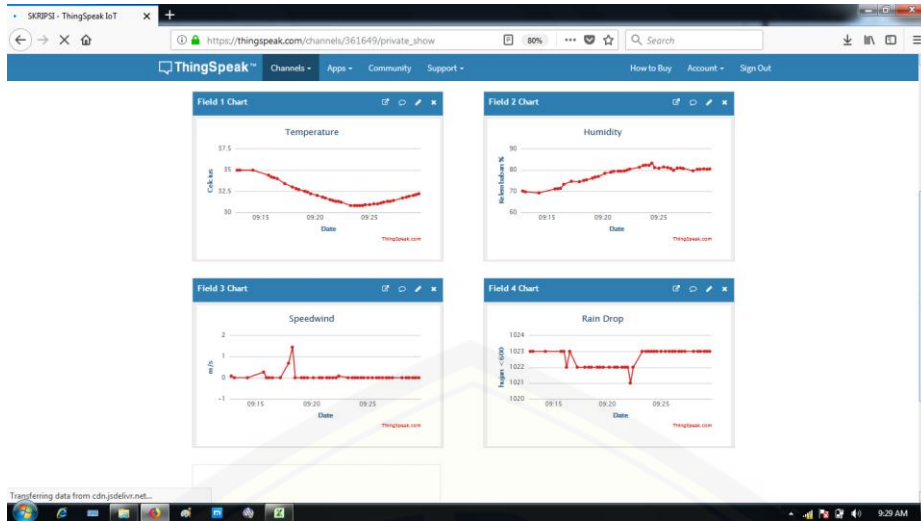
Gambar 13. Proses Pengambilan Data *Monitoring* Cuaca di Daerah *Rural*



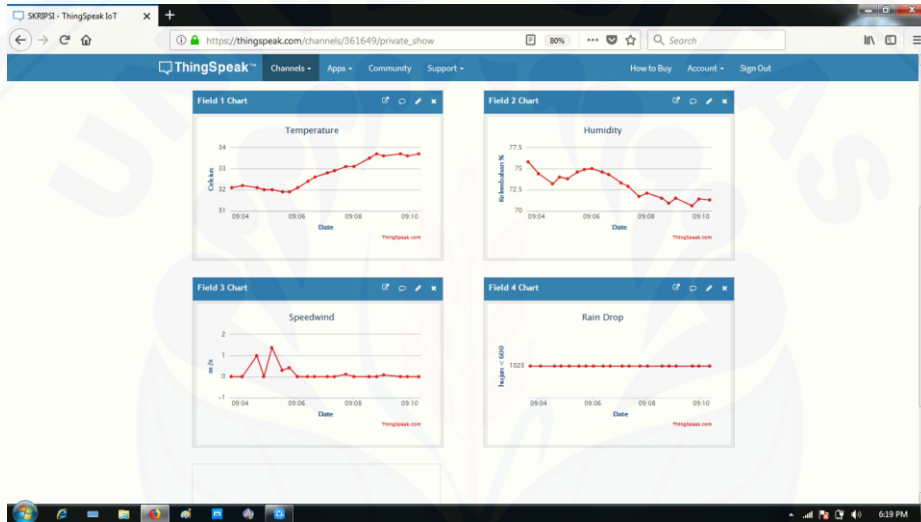
Gambar 14. Proses Pengambilan Data *Monitoring* Cuaca di Daerah *Urban* dengan *Obstacle*



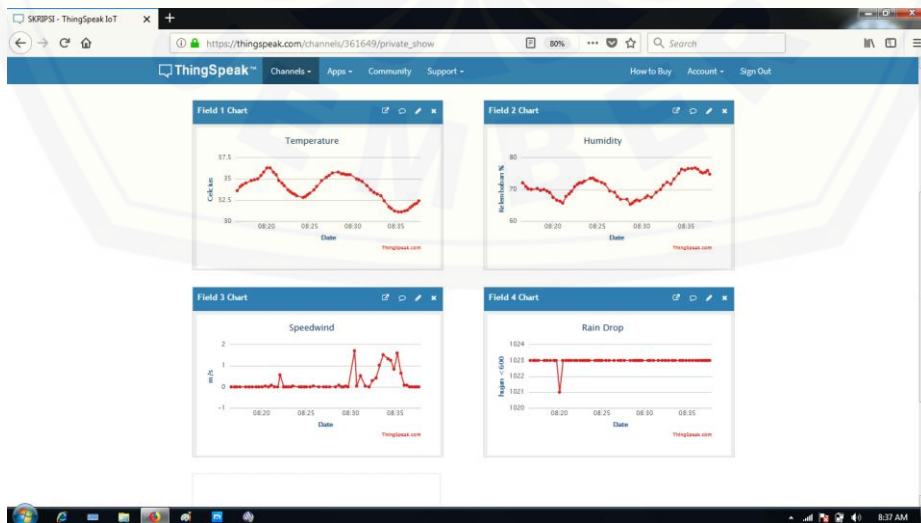
Gambar 15. Proses Pengambilan Data *Monitoring* Cuaca di Daerah *Urban* tanpa *Obstacle*



Gambar 16. Data ThingSpeak™ Monitoring Cuaca Berbasis IoT di daerah Rural



Gambar 17. Data ThingSpeak™ Monitoring Cuaca Berbasis IoT di daerah Urban dengan Obstacle



Gambar 18. Data ThingSpeak™ Monitoring Cuaca Berbasis IoT di daerah Urban tanpa Obstacle

B. Program Arduino

```
#include <dht.h>
#include <Math.h>
#define windPin 2
dht DHT;
#define DHT22_PIN 8
const float pi = 3.14159265;
int period = 1000;
int delaytime = 1000;
int jari = 25;
float jml_celah = 22;
unsigned int Sample = 0;
unsigned int counter = 0;
float RPM = 0;
float speedwind = 0;
#include <SoftwareSerial.h>
#include <stdlib.h>
SoftwareSerial mySerial(11, 10); // rx, tx// kuning, merah
#define SSID "lutfi123"//nama wifi
#define PASS "qwerty123"//password wifi
#define IP "184.106.153.149" // thingspeak.com
#define Baud_Rate 115200 //Another common value is 9600
#define DELAY_TIME 1000 //delay pengiriman data
String GET = "GET /update?key=0TXIAWFLEQW4HO14";//HE2XGH8LO9S27K2V
merupakan alamat sever
String FIELD1 = "&field1=";
String FIELD2 = "&field2=";
String FIELD3 = "&field3=";
String FIELD4 = "&field4=";
int sens1, sens2, sens3, sens4;
bool updated;
```

```
void setup()
{
  pinMode(2, INPUT);
  digitalWrite(2, HIGH);
  Serial.begin(Baud_Rate);
  mySerial.begin(Baud_Rate);
  Serial.println("AT");
  mySerial.println("AT");
  Serial.println("setup");
  if (mySerial.find("OK")) {
    bool connected = connectWiFi();
    Serial.println("ok");
    delay(1000);
  }
}

void loop()
{
  WindSpeedRead();
  DHTRead();
  Rain();

  updated = updateTemp(String(DHT.temperature), String(DHT.humidity),
String(speedwind),String(analogRead(A0)));
  delay(DELAY_TIME);
}

void Rain() {
  Serial.println(analogRead(A0));
}

void DHTRead() {
  int chk = DHT.read22(DHT22_PIN);
  Serial.print(DHT.temperature);
  Serial.print("|");
}
```

```
Serial.print(DHT.humidity);  
Serial.print("|");  
}  
void WindSpeedRead()  
{  
  windvelocity();  
  RPMcalc();  
  WindSpeed();  
  Serial.print(speedwind);  
  Serial.print("|");  
}  
void windvelocity()  
{  
  speedwind = 0;  
  counter = 0;  
  attachInterrupt(0, addcount, CHANGE);  
  unsigned long millis();  
  long startTime = millis();  
  while (millis() < startTime + period) {}  
  detachInterrupt(1);  
}  
void RPMcalc()  
{  
  RPM = ((counter / jml_celah) * 320.0);  
}  
void WindSpeed()  
{  
  speedwind = ((2.0 * pi * jari * RPM) / 60.0) / 1000;}  
void addcount()  
{  
  counter++;}
```



```
bool updateTemp(String sen1, String sen2, String sen3, String sen4)
```

```
{  
  String cmd = "AT+CIPSTART=\"TCP\",\",";   
  cmd += IP;  
  cmd += "\",80";  
  mySerial.println(cmd);  
  Serial.println(cmd);  
  delay(2000);  
  if (mySerial.find("Error")) {  
    return false;  
  }  
  cmd = GET;  
  cmd += FIELD1;  
  cmd += sen1;  
  cmd += FIELD2;  
  cmd += sen2;  
  cmd += FIELD3;  
  cmd += sen3;  
  cmd += FIELD4;  
  cmd += sen4;  
  cmd += "\r\n";  
  Serial.print("AT+CIPSEND=");  
  Serial.println(cmd.length());  
  mySerial.print("AT+CIPSEND=");  
  mySerial.println(cmd.length());  
  delay(2000);  
  if (mySerial.find(">")) {  
    Serial.print(cmd);  
    mySerial.print(cmd);  
  } else {
```

```
Serial.println("AT+CIPCLOSE");
mySerial.println("AT+CIPCLOSE");
}
if (mySerial.find("OK")) {
    return true;
} else {
    return false;
}}
boolean connectWiFi() {
    mySerial.println("AT+CWMODE=1");
    Serial.println("AT+CWMODE=1");
    delay(2000);
    String cmd = "AT+CWJAP=\"";
    cmd += SSID;
    cmd += "\",\"";
    cmd += PASS;
    cmd += "\"";
    Serial.println(cmd);
    mySerial.println(cmd);
    delay(5000);
}
void Error() {
    while (true) {
        Serial.println("ERROR");
    }
}
```

C. Data Pengujian Alat

Tabel 1. Data Hasil *Record Software Network Cell Info Lite* Tanpa Repeater Di Daerah Rural

No	Jarak terjauh antena Rx dari jangkauan BTS	RSSI (<i>received signal strength indicator</i>)	Kategori
1	6668 meter	-95 dBm (EDGE)	Sinyal Lemah
		-95 dBm (EDGE)	Sinyal Lemah
		-95 dBm (EDGE)	Sinyal Lemah
		-95 dBm (EDGE)	Sinyal Lemah
		-89 dBm (EDGE)	Sinyal Sedang
		-89 dBm (EDGE)	Sinyal Sedang
		-93 dBm (EDGE)	Sinyal Lemah
		-93 dBm (EDGE)	Sinyal Lemah
		-91 dBm (EDGE)	Sinyal Lemah
		-89 dBm (EDGE)	Sinyal Sedang
		-85 dBm (EDGE)	Sinyal Sedang
		-85 dBm (EDGE)	Sinyal Sedang
		-85 dBm (EDGE)	Sinyal Sedang
		-87 dBm (EDGE)	Sinyal Sedang
		-85 dBm (EDGE)	Sinyal Sedang
		-89 dBm (EDGE)	Sinyal Sedang
		-87 dBm (EDGE)	Sinyal Sedang
		-87 dBm (EDGE)	Sinyal Sedang
		-85 dBm (EDGE)	Sinyal Sedang
		-85 dBm (EDGE)	Sinyal Sedang
		-85 dBm (EDGE)	Sinyal Sedang
		-87 dBm (EDGE)	Sinyal Sedang
		-89 dBm (EDGE)	Sinyal Sedang
		-85 dBm (EDGE)	Sinyal Sedang
-85 dBm (EDGE)	Sinyal Sedang		
-87 dBm (EDGE)	Sinyal Sedang		
-85 dBm (EDGE)	Sinyal Sedang		
-85 dBm (EDGE)	Sinyal Sedang		
-83 dBm (EDGE)	Sinyal Sedang		
-83 dBm (EDGE)	Sinyal Sedang		
Rata-rata		-87.93 dBm (EDGE)	Sinyal Sedang

Tabel 2. Data Hasil *Record Software Network Cell Info Lite* Dengan *Repeater* Di Daerah
Rural

No	Jarak terjauh antena Rx dari jangkauan BTS	RSSI (<i>received signal strength indicator</i>)	Kategori
1	6668 meter	-87 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang
		-91 dBm (HSPA+)	Sinyal Lemah
		-93 dBm (HSPA)	Sinyal Lemah
		-91 dBm (HSPA)	Sinyal Lemah
		-93 dBm (HSPA+)	Sinyal Lemah
		-99 dBm (HSPA+)	Sinyal Lemah
		-97 dBm (HSPA)	Sinyal Lemah
		-103 dBm (HSPA+)	Sinyal Lemah
		-105 dBm (HSPA+)	Sinyal Lemah
		-87 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang
		-85 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang
		-95 dBm (HSPA+)	Sinyal Lemah
		-93 dBm (HSPA+)	Sinyal Lemah
		-89 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang
		-87 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang
		-83 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang
		-83 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang
		-87 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang
		-85 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang
		-87 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang
		-85 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang
		-85 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang
		-89 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang
		-95 dBm (HSPA+)	Sinyal Lemah
		-87 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang
		-91 dBm (HSPA+)	Sinyal Lemah
-87 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang		
-85 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang		
-87 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang		
-87 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang		
Rata-rata	-89.93 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang	

Tabel 3. Data Hasil *Record Software Network Cell Info Lite* Dengan *Obstacle* Di Daerah *Urban*

No	Jarak terjauh antena Rx dari jangkauan BTS	RSSI (<i>received signal strength indicator</i>)	Kategori
1	450 meter	-75 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-79 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang
		-77 dBm (HSPA)	Sinyal Sedang
		-75 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-75 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-75 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-79 dBm (HSPA)	Sinyal Sedang
		-79 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang
		-83 dBm (HSPA)	Sinyal Sedang
		-81 dBm (HSPA)	Sinyal Sedang
		-81 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang
		-77 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang
		-75 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-73 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-79 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang
		-81 dBm (HSPA)	Sinyal Sedang
		-79 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang
		-77 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang
		-73 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-71 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-77 dBm (HSPA)	Sinyal Sedang
		-77 dBm (HSPA)	Sinyal Sedang
		-73 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-75 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-79 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang
-75 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat		
-77 dBm (HSPA)	Sinyal Sedang		
-75 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat		
-77 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang		
-73 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat		
Rata-rata	-76.73 dBm (HSPA+)	Sinyal Sedang	

Tabel 4. Data Hasil *Record Software Network Cell Info Lite* Tanpa *Obstacle* Di Daerah *Urban*

No	Jarak terjauh antena Rx dari jangkauan BTS	RSSI (<i>received signal strength indicator</i>)	Kategori
1	1824 meter	-71 dBm (HSPA)	Sinyal Kuat
		-61 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-63 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-67 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-71 dBm (HSPA)	Sinyal Kuat
		-65 dBm (HSPA)	Sinyal Kuat
		-69 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-69 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-65 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-67 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-65 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-65 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-65 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-63 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-63 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-65 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-65 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-63 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-65 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-65 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-63 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-63 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-65 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-65 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
		-65 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat
-65 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat		
-63 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat		
Rata-rata	-65.2 dBm (HSPA+)	Sinyal Kuat	