

Rancang Bangun Antena Microstrip Array 2x2 Frekuensi 2300 MHz

Subuh Pramono

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang
E-mail : subuhpramono@gmail.com

Abstrak

Perkembangan teknologi telekomunikasi dan informasi serta berkembangnya jenis layanan telekomunikasi yang begitu cepat mendorong pengimplementasian teknologi telekomunikasi nirkabel pita lebar (*broadband*). Penetrasi *broadband* sebesar 10%, akan meningkatkan GDP 1,38% di negara berkembang. Untuk setiap 1% kenaikan penetrasi *broadband*, lapangan kerja bertambah 0,2%-0,3%. Penerapan telekomunikasi seluler LTE frekuensi 2300 MHz sangat mendukung komunikasi *broadband*, akan tetapi dengan frekuensi yang cukup tinggi menjadikan coverage area semakin kecil dan tantangan redaman propagasi semakin besar, sehingga dibutuhkan infrastruktur yang lebih handal, salah satunya antena array. Dimulai dari perancangan yang disimulasi software, pabrikasi dan pengukuran. Penelitian antena lungs microstrip array 2 x 2 menghasilkan parameter yang baik : spektrum frekuensi 2350 – 2400 MHz, standing wave ratio (SWR) 1,158 , S_{11} -27,71 dB, gain / penguatan sekitar 13 dBi, bandwidth (SWR < 2) sekitar \pm 50 MHz.

Kata kunci : antena array, bandwidth, LTE, SWR, S_{11}

Abstract

The development of telecommunication and information technologies and its developed application services that push the implementation of broadband wireless telecommunication. The broadband penetration 10% will create to increase about 1.38% of GDP in the developing countries. In addition, broadband penetration 1% will provides about 0.2% -0.3% of employment. The deployment of 2300 MHz LTE mobile telecommunications supports a broadband communications, however higher frequency (2300 MHz) has an obstacle in term coverage and greater propagation attenuation. As a consequence, it needs a robust infrastructure i.e array antenna. This paper is organized as follow : design simulation (software), fabricate and measurement. The research results of 2 x 2 array antenna microstrip are including : spectrum frequency is 2350 - 2400MHz; the standing wave ratio (SWR) 1.158 ; S_{11} -27.71dB, gain 13dBi, bandwidth(SWR <2) approximately \pm 50MHz.

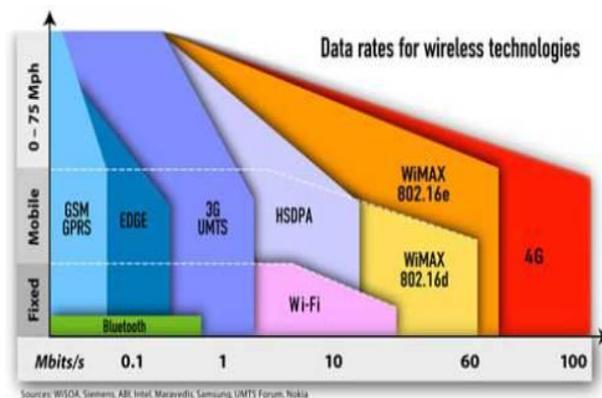
Keyword : array antenna, bandwidth, LTE, SWR, S_{11}

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telekomunikasi dan informasi serta berkembangnya jenis layanan telekomunikasi yang begitu cepat mendorong pengimplementasian teknologi telekomunikasi nirkabel pita lebar (*broadband*). Teknologi seluler merupakan salah satu platform teknologi telekomunikasi nirkabel yang menyediakan layanan *broadband* dan *full mobility*. Layanan *broadband* dapat digunakan untuk suara (*voice*), data, video, gambar (*image*), dll dengan kecepatan transfer tinggi. Saat ini, eluler mengalami perkembangan tercepat dibanding teknologi telekomunikasi lainnya, yakni : teknologi satelit, teknologi telepon tetap (*fixed*),

teknologi serat optik, hal ini disebabkan karena kemudahan implementasi, kemampuan transfer tinggi dan cakupan geografis yang luas dibanding teknologi telekomunikasi lainnya. Teknologi seluler menggunakan media transmisi berupa gelombang elektromagnetik. Tiga konsorsium besar di dunia yang fokus mengembangkan standarisasi teknologi seluler, yakni 3GPP, 3GPP2 dan IEEE. 3rd Generation Partnership Project (3GPP) fokus mengembangkan teknologi seluler yang berbasis GSM, menghasilkan standar GSM, GPRS/EDGE, HSDPA/HSUPA, HSPA+(3G), LTE (3,9 G), LTE Advanced (4G)[1]. 3rd Generation Partnership Project 2 (3GPP 2) fokus mengembangkan teknologi seluler yang berbasis CDMA, menghasilkan

standar CDMA One, CDMA 2000 1X, CDMA 2000 1X EV-DO, CDMA 2000 1X EV-DV[1]. Institute of Electrical and Electronics Engineers(IEEE) fokus mengembangkan standar 802.16 (Wi-Fi), 802.16 (WiMax), 802.20 (PAN)[1]. Indonesia sendiri mengadopsi ketiga standarisasi teknologi seluler tersebut, akan tetapi pasar/pelanggan yang membuktikan dari ketiga standarisasi tersebut. Teknologi seluler berbasis GSM (3GPP) ternyata mempunyai pangsa pasar terbesar dibanding CDMA(3GPP2) dan IEEE, Indonesia memiliki 250 juta lebih pelanggan yang memakai teknologi GSM yang tersebar dalam 3 operator besar. Untuk saat ini, Indonesia telah mengimplementasi teknologi seluler basis GSM pada tahap HSPA+ (3G) dengan kecepatan uplink 11 Mbps dan kecepatan downlink 42 Mbps. Pertengahan tahun 2014 ini, Indonesia akan resmi mengimplementasikan teknologi LTE/Advanced (4G) dengan kecepatan uplink 75 Mbps, downlink 300 Mbps. Dengan kecepatan begitu tinggi, LTE/Advanced sangat layak untuk mengusung teknologi yang berbasis layanan *broadband*.



Gambar 1 Perkembangan teknologi seluler berbasis GSM (3GPP)

Untuk saat ini, layanan *broadband* di Indonesia sebagian besar dimanfaatkan untuk akses internet, biasa disebut internet *broadband*. Internet *broadband* memberikan dampak positif pada ekonomi, sosial untuk seluruh lapisan masyarakat baik di pedesaan, perkotaan, akademis, dunia bisnis, hingga kesehatan. Masyarakat semakin terbuka akan perkembangan informasi dan kemajuan teknologi komunikasi dengan adanya jaringan internet *broadband*, hal ini dibuktikan dengan semakin banyaknya penetrasi seluler di Indonesia bahkan penetrasi *seluler* melampaui penetrasi *fixed* /kabel [2].

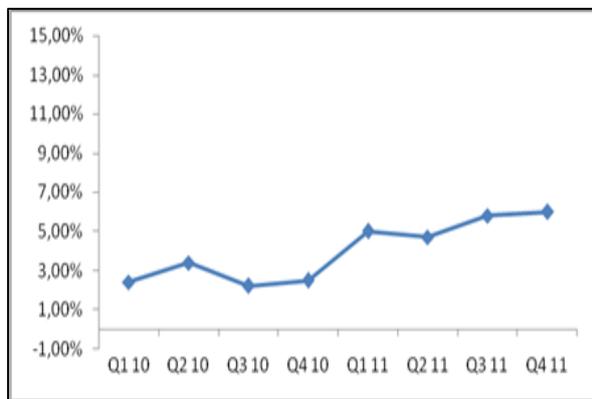
TABEL 1
PERBANDINGAN JUMLAH PELANGGAN TELEPON TETAP DAN BERGERAK [2]

Kategori	2011	2012
Layanan Telepon Tetap		
Jumlah Pelanggan	41 juta	43 juta
Pertumbuhan	8%	5%
Penetrasi (Terhadap Populasi)	17%	18%
Layanan Telepon Bergerak (Mobile)		
Jumlah Pelanggan	259 juta	300 juta
Pertumbuhan	18%	16%
Penetrasi (Terhadap Populasi)	107%	122%

Berdasarkan data dari [3] per 31 Desember 2011 penetrasi internet di Indonesia baru sekitar 22,1% dari total penduduk Indonesia atau sekitar 55 juta penduduk. Dengan angka teledensitas internet 22,1% dari populasi, Indonesia jelas masih membutuhkan pembangunan infrastruktur pita lebar (*broadband*). Hal ini menjadi tantangan bagi operator dan regulator, sekaligus peluang untuk mengembangkan pasar komunikasi data di Indonesia. Menurut laporan Bank Dunia mengenai dampak *broadband* di 120 negara menyebutkan setiap kenaikan penetrasi *broadband* sebesar 10%, akan meningkatkan GDP sebesar 1,21 % di negara maju dan 1,38% di negara berkembang. Untuk setiap 1% kenaikan penetrasi *broadband*, lapangan kerja bertambah 0,2%-0,3%. *Broadband* mendorong kenaikan sektor manufaktur 10% dan sektor jasa 5% dalam hal produktivitas tenaga kerja. Dengan demikian dapat terlihat bahwa teknologi *celluler/mobile broadband* membawa manfaat bagi peningkatan taraf kehidupan masyarakat, baik dari segi sosial maupun ekonomi. Penetrasi teknologi *mobile* yang menyebabkan pertumbuhan *share* telekomunikasi membuat perekonomian masyarakat semakin bertumbuh.

Dari sekitar 22,1% populasi yang sudah menikmati internet ternyata baru sekitar 6% yang sudah menikmati layanan internet *broadband* [4]. Layanan internet *broadband* di Indonesia dari tahun ke tahun cenderung meningkat seperti tampak pada Gambar 2. Dengan kecenderungan tersebut pemerintah menargetkan bahwa pada tahun 2014 meningkat menjadi 30%. Bahkan lembaga riset *Frost & Sullivan* memperkirakan tingkat penetrasi *broadband* di Indonesia pada 2016 mencapai 60% dari populasi penduduk. Ini

dikarenakan beberapa faktor, yakni penurunan harga handset, tren sosial media, dan perdagangan online atau *e-commerce*. Rata-rata pertumbuhan (CAGR) penetrasi internet di Indonesia sebesar 29,7% di periode 2010-2015. Sementara CAGR koneksi layanan data sebesar 21,9% pada 2011-2016.



Gambar 2 Persentase Adopsi *Broadband* di Indonesia Terhadap Jumlah Populasi [3]

Peningkatan penetrasi internet *broadband* perlu diimbangi dengan peningkatan kapasitas layanan internet agar kualitas layanan tetap terjaga. Jika hal ini tidak diantisipasi maka yang terjadi adalah penurunan kecepatan. Oleh karena itu diperlukan teknologi yang lebih baru yaitu teknologi telekomunikasi seluler generasi keempat / 4G. Salah satu standar yang berbasis *GSM* yang masuk kategori 4G adalah *LTE/Advanced*.

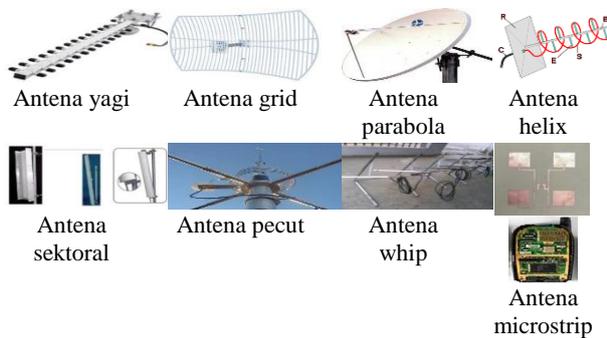
Pemerintah Indonesia mempunyai beberapa opsi frekuensi untuk *LTE/Advanced*, yakni 700 Mhz, 1800 MHz, 2300 MHz [5]. Dari berbagai kajian, sebaiknya di frekuensi 700 MHz karena semakin rendah frekuensi maka daerah jangkauan/*coveragemakin* luas dan handal terhadap redaman, akan tetapi frekuensi ini masih digunakan untuk layanan TV analog sampai 2018. Frekuensi 1800 MHz masih banyak digunakan untuk layanan 2G dan 3G. Sedangkan frekuensi 2300 MHz berpeluang digunakan untuk mengimplementasikan *LTE/Advanced*, karena masih ada bandwidth 60 MHz yang bebas, yang mana *LTE/Advanced* akan optimal untuk 1 carrier membutuhkan 2 x 5MHz. Semakin tinggi frekuensi yang digunakan maka bandwidth dan kemampuan transfer data yang dihasilkan akan tinggi. Akan tetapi, frekuensi tinggi mempunyai kelemahan mengenai propagasi gelombang yang sangat sensitif terhadap redaman yang dihasilkan oleh penghalang/*obstacle*. Salah satu solusi

teknik bagi engineer telekomunikasi untuk menangani redaman adalah pemilihan desain antena yang tepat. Antena yang mempunyai penguatan / gain yang tinggi dan arah beamwidth yang terarah akan membantu mengatasi masalah propagasi gelombang pada *LTE/Advanced* 2300 MHz. Antena ini diharapkan mendukung transfer data tinggi serta pergerakan pelanggan/*user* yang cepat. Penentuan frekuensi juga akan berimplikasi terhadap standardisasi. Apalagi, sejak adopsi 3G, ada kebijakan terkait tingkat kandungan dalam negeri (TKDN), sehingga perlu dirumuskan mana yang akan jadi TKDN dalam *LTE/Advanced*. Saat ini di Indonesia masih sedikit sekali perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang telekomunikasi terutama di bidang *microwave* dan *RF* yang khusus membuat antena. Selama ini antena – antena yang dipasang pada *Base Transceiver Station/BTS* dan pelanggan/*user* hampir semuanya impor dari luar negeri karena belum ada perusahaan dalam negeri yang mampu membuatnya. Keterbatasan SDM, teknologi, dan dana untuk mengembangkan antena sendiri di dalam negeri menjadi salah satu kendala yang dihadapi oleh perusahaan di dalam negeri. Oleh karena itu lembaga akademis dan riset sudah selayaknya melakukan penelitian dan pengembangan tentang antena *LTE/Advanced* 2300 MHz untuk dimanfaatkan oleh industri di dalam negeri, sehingga dengan dilakukannya penelitian ini akan dihasilkan sebuah prototype antena *LTE/Advanced* 2300 MHz, sehingga selain mampu meningkatkan TKDN juga meningkatkan ketahanan industri telekomunikasi di dalam negeri.

II. METODE PENELITIAN

Sistem pemancar-penerima teknologi telekomunikasi seluler *LTE/Advanced* 2300 MHz terdiri atas beberapa bagian yakni : pengolahan sinyal baseband, modulasi, multiple access, multiplexing dan sistem antena. Pada penelitian ini, fokus pada pengembangan sistem antena. Antena merupakan transformator / struktur transmisi antara gelombang terbimbing (saluran transmisi) dengan gelombang ruang bebas atau sebaliknya. Antena sangat berperan penting dalam penerimaan dan pemancaran sinyal, karena antena memberikan penguatan/gain sinyal sebelum masuk ke sistem penerima atau sinyal mau keluar dari sistem pemancar. Antena mengalami perubahan dari waktu ke waktu sesuai frekuensi kerja sistem pemancar-penerima.

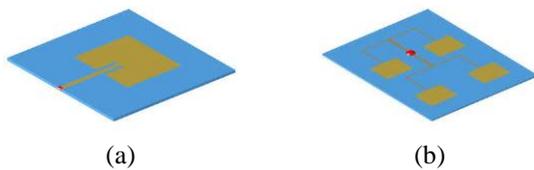
Semakin tinggi frekuensi kerja maka ukuran fisik antena akan semakin kecil dan lebih ergonomis.



Gambar 3 Jenis Antena

Teknologi telekomunikasi seluler terus berubah, awalnya GSM yang hanya berfrekuensi 800 Mhz dengan ukuran fisik antena yang besar, kini teknologi yang masuk kategori 3G dan 4G memakai frekuensi 2000 MHz keatas, LTE/Advanced menggunakan 2300 MHz. Dengan didukung teknologi bahan, kini perangkat telekomunikasi seluler menggunakan antena microstrip dengan bahan PCB (*Printed Circuit Board*). Dielektrik yang biasa dipakai duroid ($\epsilon_r = 2.56 \epsilon_0$), quartz ($\epsilon_r = 2.78 \epsilon_0$), alumina ($\epsilon_r = 9.7 \epsilon_0$), silikon ($\epsilon_r = 11.7 \epsilon_0$), teflon ($\epsilon_r = 2.56 \epsilon_0$), dengan permivitas ruang hampa $\epsilon_0 = 8.8854 \cdot 10^{-12}$ F/m.

Keuntungan microstrip mudah didesain, terintegrasi langsung dengan saluran transmisi dan dapat langsung dicetak secara bersamaan, ukuran kecil, ringan dan kinerja yang bagus. Pada perkembangannya, desain microstrip mengalami perubahan-perubahan, yang semula hanya *single antenna* kini harus dikembangkan *multiple antennas* yang dikenal dengan *array antennas*[6][7].



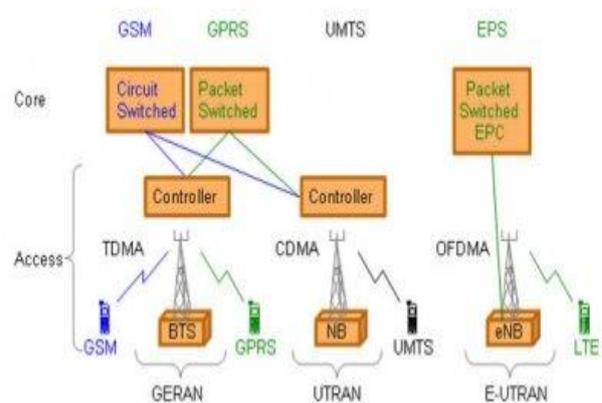
Gambar 4 Single dan Array Microstrip

Dengan memanfaatkan fungsi spatial/ruang, array microstrip penerima akan mensuperposisikan sinyal yang se-fasa untuk mendapatkan level sinyal yang lebih tinggi, sehingga masalah fading/naik turun sinyal akan teratasi. Sedang disisi pengirim, akan memberikan keuntungan multiplexing yang akhirnya meningkatkan

kemampuan transfer data. Pada array microstrip, dimana elemen lebih dari satu otomatis penguatan atau gain yang dihasilkan lebih besar. Dengan akan diimplementasikan teknologi telekomunikasi seluler LTE/Advanced 2300 MHz di Indonesia 2014, engineer telekomunikasi harus juga ambil bagian dalam industri telekomunikasi, salah satunya menciptakan antena yang bisa digunakan di sisi penerima dan pemancar.

2.1 Long Term Evolution/LTE

Evolved Packet Core pada LTE adalah arsitektur jaringan yang telah disederhanakan, dirancang untuk *seamless* integrasi dengan komunikasi berbasis jaringan IP. Tujuan utamanya adalah untuk menangani rangkaian dan panggilan multimedia melalui konvergensi pada inti IMS. EPC memberikan sebuah jaringan *all-IP* yang memungkinkan untuk konektivitas dan peralihan ke lain akses teknologi, termasuk semua teknologi 3GPP dan 3GPP2 serta WiFi dan *fixed line broadband* seperti DSL dan GPON. Jaringan E-UTRAN adalah jaringan yang jauh lebih sederhana daripada jaringan sebelumnya pada jaringan 3GPP. Semua masalah pemrosesan paket IP dikelola pada *core* EPC, memungkinkan waktu respons yang lebih cepat untuk penjadwalan dan re-transmisi dan juga meningkatkan *latency* dan *throughput*. RNC (*Radio Network Controller*) telah sepenuhnya dihapus dan sebagian besar dari fungsionalitas RNC pindah ke eNodeB yang terhubung langsung ke *evolved packet core*.



Gambar 5 Arsitektur LTE/Advanced

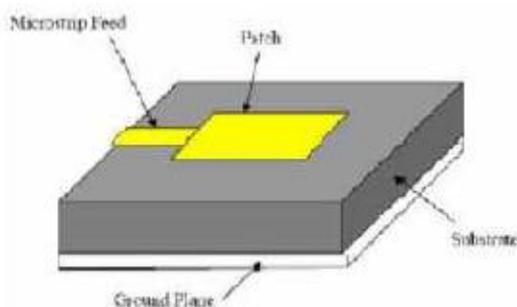
Evolved packet core dalam arsitektur jaringan LTE memungkinkan terhubung langsung atau melakukan perluasan jaringan ke jaringan nirkabel lainnya, sehingga operator dapat mengatur fungsi kritis seperti mobilitas, *handover*, *billing*, otentikasi dan keamanan dalam

jaringan selular. IP dikembangkan pada *wired networks data link* dimana *endpoint* dan terkait kapasitas (bandwidth) statis. Masalah arus trafik pada jaringan tetap, akan muncul apabila *link* kelebihan beban atau rusak. Kelebihan beban dapat dikelola dengan mengontrol volume trafik yaitu dengan membatasi jumlah pengguna terhubung ke sebuah hub dan bandwidth yang ditawarkan. Jaringan EPC meningkatkan performa secara paket tidak perlu lagi diproses oleh beberapa node dalam jaringan. LTE menggunakan teknologi retransmisi di eNodeB, untuk mengelola beragam laju data yang sangat cepat. Hal tersebut memerlukan *buffering* dan mekanisme kontrol aliran ke eNodeB dari jaringan inti untuk mencegah *overflow* data atau *loss* bila tiba-tiba sinyal menghilang yang dipicu oleh retransmission tingkat tinggi.

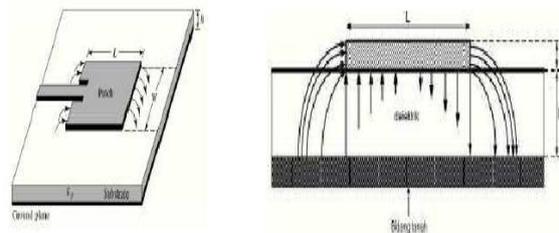
2.2 Antena Microstrip

Antena Lungs Microstrip Array 2 x 2, bentuk geometri dari antena mikrostrip dapat dilihat pada gambar 6 dan distribusi medan listrik pada antena mikrostrip ditunjukkan pada Gambar 7. Antena mikrostrip mempunyai struktur dari 3 lapisan yaitu :

- Patch* bagian yang terletak paling atas dari antena dan terbuat dari bahan konduktor ini berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara. *Patch* dapat berbentuk lingkaran, persegi panjang , segitiga dsb.
- Substrat berfungsi sebagai media penyalur gelombang elektromagnet dari sistem pencatuan. Karakteristik substrat sangat berpengaruh pada besar parameterparameter antena. Ketebalan substrat berpengaruh pada bandwidth dari antena.
- Groundplane* yaitu lapisan paling bawah yang berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan.



Gambar 6 Geometri Antena Microstrip



Gambar 7 Distribusi Medan Listrik pada Antena Microstrip

Dalam desain antena mikrostrip ada beberapa jenis substrat yaitu: epoxy, duroit, dan alumina, dimana substrat ini mempunyai relative *permittivity*/konstante dielektrik (ϵ_r) yang berbeda-beda. Penentuan lebar patch (W) optimum, pada desain antena mikrostrip dapat digunakan dengan rumus seperti pada persamaan[8][9]:

$$W = \frac{c}{2fr} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

ϵ_r merupakan konstante dielektrik/*relative permittivity* dari substrat dan c adalah kecepatan cahaya dalam ruang bebas sebesar $3 \cdot 10^8$ m/s. Panjang fisik dari antena mikrostrip dapat ditentukan dengan persamaan :

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

ϵ_{eff} adalah konstante dielektrik efektif yang besarnya dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \sqrt{\frac{1}{1 + 12 \frac{h}{W}}} \quad (3)$$

ΔL adalah besarnya medan gelombang elektromagnetik yang mengalir dari patch besarnya dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} + 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)}$$

$$\Delta L = \left[\frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} + 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \right] \quad (4)$$

h adalah tebal substrat (mm). W adalah lebar dari patch (mm). Untuk menentukan Impedansi karakteristik dari saluran mikrostrip, dapat

diperoleh dengan mengetahui perbandingan antara lebar konduktor dengan tebal substrat, yang ditunjukkan dengan persamaan :

$$\frac{W}{h} \leq 1 \quad Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \ln \left[\frac{8h}{W} + \frac{W}{4h} \right]$$

$$\frac{W}{h} \geq 1 \quad Z_0 = \frac{120\pi\sqrt{\epsilon_{eff}}}{\frac{W}{h} + 1.393 + 0.667 \ln \left(\frac{W}{h} + 1.444 \right)} \quad (5)$$

Teknik matching dalam antena mikrostrip ini dapat menggunakan mode matching impedansi bertahap pada saluran transmisi dengan trafo $\lambda/4$ dan Syarat matching adalah $Z_0 = Z_{in}$. Dimana Z_0 adalah Impedansi karakteristik saluran dan Z_{in} yaitu Impedansi. Sistem matching bertingkat Binomial dapat diberikan dengan koefisien binomial seperti persamaan :

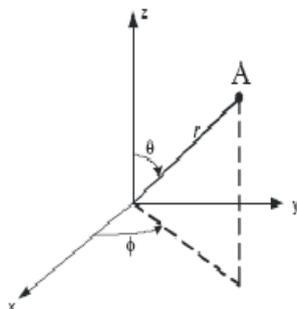
$$C_n = \frac{N!}{n(N-n)!}$$

$n = 0, 1, 2, \dots, N$. (6)

sehingga mendapatkan Impedansi seperti yang dinyatakan persamaan :

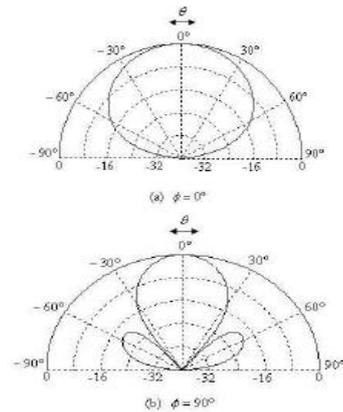
$$Z_{n+1} = Z_0 \exp \left[\frac{\sum_{k=0}^n C_k \ln \left(\frac{Z_L}{Z_0} \right)}{2^N} \right] \quad (7)$$

Pola pancar antena mikrostrip yang merupakan bentuk radiasi gelombang elektromagnetik tergantung pada bentuk antena dan susunan antena dan juga pencatutan antena. Persoalan radiasi menggunakan sistem koordinat bola (spherical coordinate), dimana sebuah titik dalam ruang misalnya titik A. $A(r, \theta, \phi)$ dimana $0 \leq \theta \leq \pi$, $0 \leq \phi \leq 2\pi$ dan dapat ditunjukkan dengan gambar :



Gambar 8 Sistem Koordinat Bola

Pola pancar (radiasi) antena dapat digambarkan seperti pada gambar :



Gambar 9 Pola Radiasi Antena

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 10.

Pada metode penelitian, terdapat empat aktivitas utama meliputi :

1. Perancangan

Pada fase ini peneliti melakukan studi literatur secara teoritis tentang antena lungs microstrip array 2 x 2, menentukan jenis bahan dielektrik yang akan digunakan, menentukan bentuk dan perhitungan dimensi antena lungs microstrip array 2 x 2.

2. Simulasi

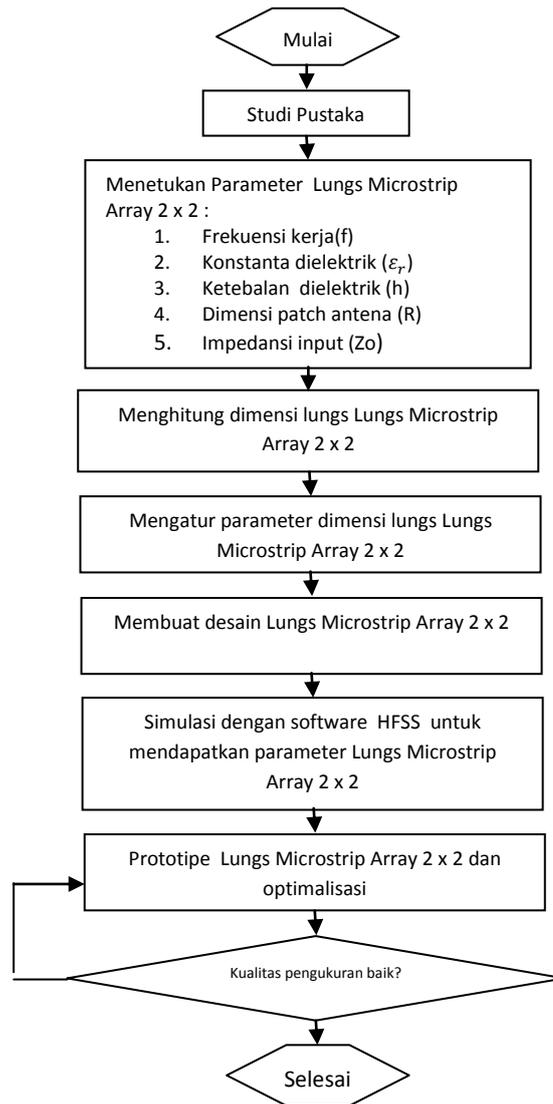
Setelah jenis dielektrik, bentuk dan dimensi antena lungs microstrip array 2 x 2 ditetapkan, fase kedua ini melakukan simulasi dengan bantuan software HFSS untuk mendapatkan parameter antena sebagai acuan hasil awal dari perancangan. Selanjutnya, Optimalisasi dimensi/ukuran dilakukan untuk mendapatkan parameter antena yang maksimal.

3. Pabrikasi

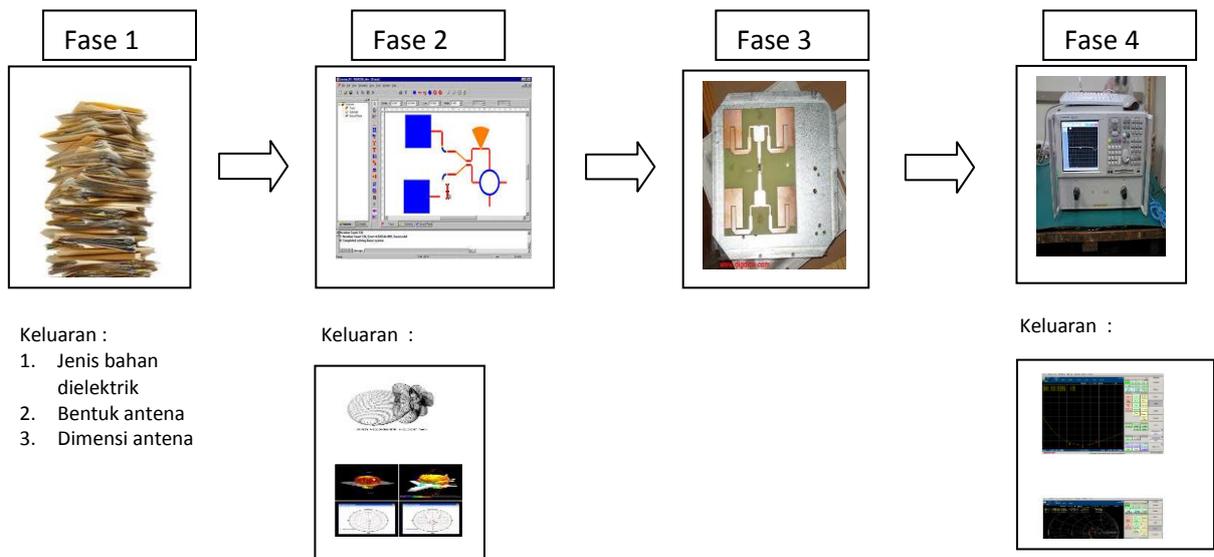
Fase ini, peneliti melakukan pabrikasi/mencetak antena lungs microstrip array 2 x 2 sesuai bahan dielektrik, bentuk dan dimensi yang telah ditentukan pada fase sebelumnya/fase simulasi.

4. Pengukuran dan optimalisasi

Setelah bentuk fisik antena lungs microstrip array 2 x 2 tersedia, antena akan dikoneksikan dengan konektor terlebih dahulu. Setelah terhubung, dilakukan pengukuran dengan bantuan alat ukur vector network analyzer untuk mendapatkan parameter antena tersebut. Selain empat tahapan utama diatas, setelah pengukuran selesai akan dilakukan penyusunan paper untuk dipublikasikan pada konferensi atau jurnal.

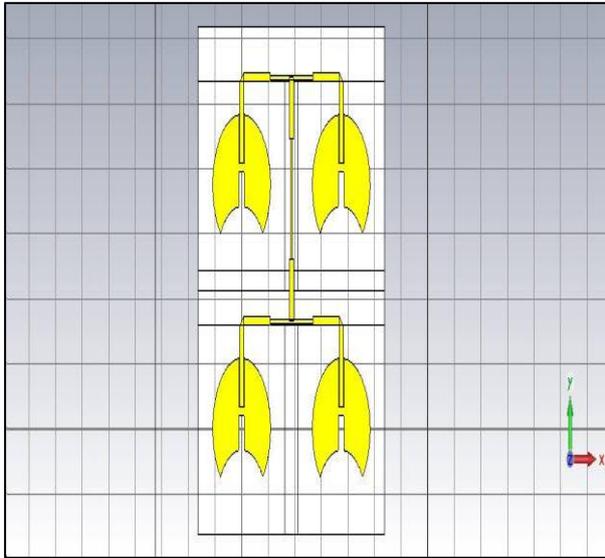


Gambar 10 Metode Penelitian

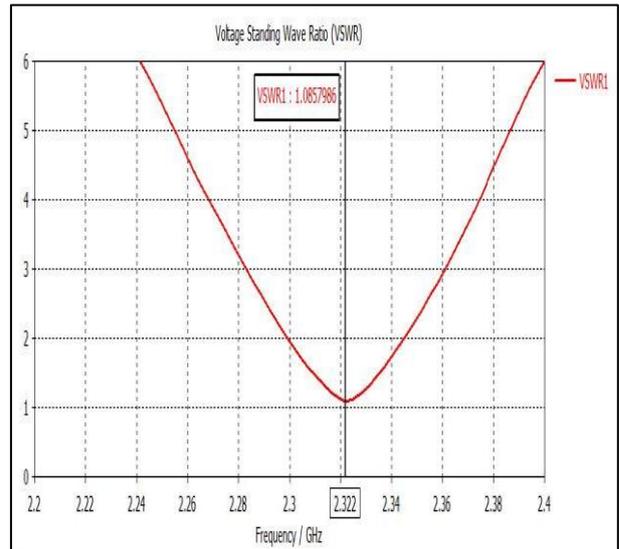


Gambar 11 Rancangan Rancang Bangun Antena Lungs Microstrip Array 2 x2

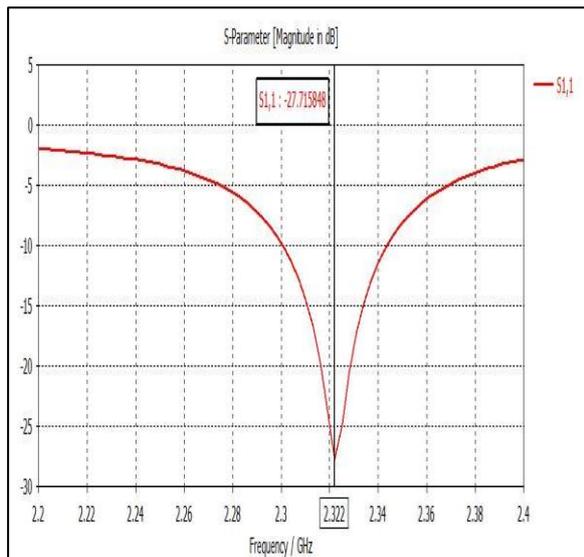
Hasil perancangan dengan software HFSS 13.0, menghasilkan rancangan sebagai berikut :



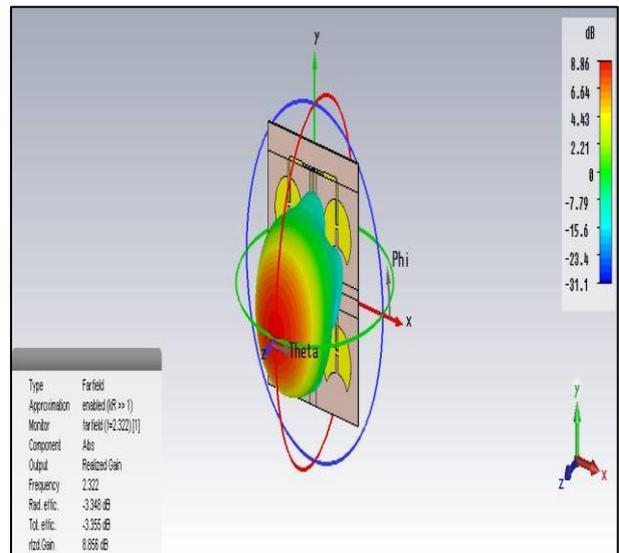
Gambar 12 Rancangan Antena Microstrip Lungs 2 x 2



Gambar 14 Grafik SWR



Gambar 13 Grafik S₁₁



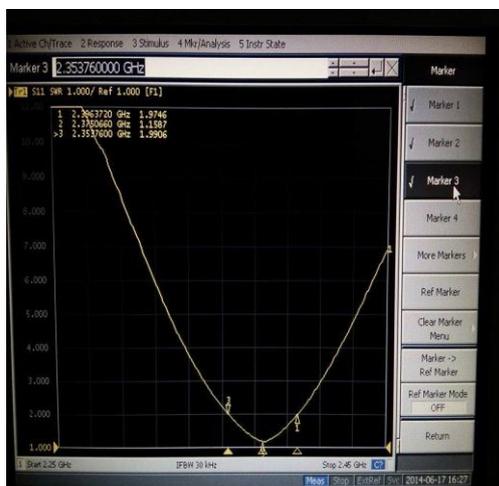
Gambar 15 Pola Radiasi



Gambar 16 Pabrikasi Antena Mricrostrip Lungs Array 2x2



Gambar 17 Konektor SMA sebagai Port Catuan



Gambar 18 Hasil Pengukuran SWR

IV. KESIMPULAN

1. Antena bekerja pada spektrum frekuensi 2350 – 2400 MHz
2. Nilai standing wave ratio (SWR) 1,158 , S_{11} -27,71 dB,
3. Gain/penguatan yang dihasilkan sekitar 13 dBi
4. Bandwidth (SWR < 2) sekitar \pm 50 MHz

DAFTAR PUSTAKA

- [1] www.3gpp.org.
- [2] <http://www.budde.com.au/Research/Indonesia-Telecoms-Mobile-Broadband-and-Forecasts.html>.
- [3] <http://www.internetworldstats.com/stats3.htm#asia>.
- [4] <http://www.akamai.com/stateoftheinternet>.
- [5] Kemkominfo, *Dokumen White Paper Study Group Alokasi Pita Frekuensi Radio untuk Komunikasi Radio Teknologi Keempat (4G)*.
- [6] Erfan Achmad Dahlan, “Perencanaan dan Pembuatan Antena Mikrostrip Array 2x2 pada Frekuensi 1575 Mhz”, *Jurnal EECCIS*, Vol. III No. 1 Juni 2009.
- [7] Fitri Yuli Zulkifli, Eko Tjipto Rahardjo, Muhamad Asvial, dan Djoko Hartanto, “Pengembangan Antena Mikrostrip Susun Dua Elemen dengan Penerapan Defected Ground Structure Berbentuk Trapesium”, *Jurnal Makara, Teknologi*, Vol. 12, No. 2, November 2008, hlm 80-85.
- [8] Hanief Tegar Pambudhi, Darjat, Ajub Ajulian Z, “Perancangan dan Analisis Antena Mikrostrip dengan Metode Aperture Coupled Feed pada Frekuensi 800 MHz”, <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/transmisi>.
- [9] Sri Hardiati, Yuyu Wahyu, Suci Rahmadita, “Aplikasi Substrat Alumina pada Antena Mikrostrip Patch Persegi untuk Komunikasi Bergerak pada Frekuensi (3,3-3,4) GHz”, *Peneliti Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (PPET-LIPI)*.