

Rancang Bangun Antena Mikrostrip *Path Rectangular* pada Frekuensi 900 MHz untuk Aplikasi GSM

Muhammad Imam Setiawan¹, Jon Endri², Sarjana^{3*}

Teknik Telekomunikasi DIV Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.

Jl. Srijaya Negara, Palembang INDONESIA

[1imam.setiawan1154@gmail.com](mailto:imam.setiawan1154@gmail.com), [2jonendri@polsri.ac.id](mailto:jonendri@polsri.ac.id), [3anna.sarjana@gmail.com](mailto:anna.sarjana@gmail.com)

INTISARI

Antena adalah perangkat yang sangat penting dalam teknologi penyampaian informasi. Oleh karena itu, pada zaman sekarang ini Beragam jenis antena telah banyak dikembangkan, salah satunya adalah antenna mikrostrip. antenna mikrostrip ini memiliki banyak keunggulan sehingga sering digunakan dalam berbagai perangkat seluler. Semakin bertambahnya pengguna perangkat seluler membuat banyaknya penggunaan spektrum frekuensi untuk komunikasi seluler. Salah satu frekuensi yang banyak digunakan adalah frekuensi 900 MHz untuk sistem GSM. Dalam jurnal ini menyajikan mengenai perancangan antenna mikrostrip yang dapat digunakan dalam Sistem GSM.. Antena ini dibuat dengan bahan substrat epoxy dengan Konstanta dielektrik (ϵ_r)=4.4 dan ketebalan 1.6 mm serta menggunakan saluran pencatuan feed line. Penambahan element menjadi antena array memiliki tujuan untuk meningkatkan nilai gain antena agar dapat meningkatkan daya yang diterima oleh pengguna jaringan dan dapat menambah jarak jangkauan dari BTS menuju perangkat seluler. Dari hasil pengukuran langsung dilaboratorium, didapatkan karakteristik dari antena yang dibuat memiliki besar return loss -11.077 dB, VSWR 1.775, gain 6.8 dBi.

Kata kunci— Antena mikrostrip, Gain, Return loss, VSWR, pola radiasi, Linear array

ABSTRACT

Antennas are very important devices in information delivery technology. Therefore, in this day and age various types of antennas have been developed, one of which is a microstrip antenna. This microstrip antenna has many advantages so it is often used in various cellular devices. The increasing number of mobile device users makes a lot of use of the frequency spectrum for cellular communication. One frequency that is widely used is the 900 MHz frequency for GSM systems. In this journal, it presents the design of microstrip antennas that can be used in GSM systems. This antenna is made with epoxy substrate material with dielectric constant (ϵ_r) = 4.4 and thickness of 1.6 mm and using feed line rationing channels. Adding an element to an array antenna has the purpose of increasing the antenna gain value so that it can increase the power received by network users and can increase the range of distance from the BTS to the mobile device. From the results of direct measurements in the laboratory, it was found that the characteristics of the antenna made had a large return loss of -11.077 dB, VSWR 1.775, gain 6.8 dBi.

Keywords : microstrip antenna, Gain, Return Loss, Radiation Pattern, Polarization

I. PENDAHULUAN

Pada zaman sekarang ini, perkembangan dunia telekomunikasi telah mengalami kemajuan yang pesat dalam menyampaikan informasi. Jenis informasi yang dikirimkan semakin bervariasi dan semakin kompleks, mulai dari data, suara, maupun video. Perkembangan ini juga diikuti oleh peralatan yang digunakan dalam dunia telekomunikasi mulai dari pemancar, penerima dan antena yang digunakan. Dalam sistem telekomunikasi, antena memiliki peran penting dalam proses pengiriman dan penerimaan yang sempurna. Antena merupakan perangkat yang digunakan dalam melakukan proses pengiriman dan penerimaan

dalam telekomunikasi. Seiring dengan perkembangan zaman, banyak antena yang telah dikembangkan untuk memenuhi syarat-syarat tersebut, salah satunya adalah antenna Mikrostrip.

Menurut Constantiene A. Balanis, Antena mikrostrip adalah antena yang terdiri atas elemen radiasi (konduktor) yang sangat tipis yang diletakkan di bidang tanah (*ground plane*), dimana antara bidang dengan elemen radiasi (konduktor) dipisahkan oleh substrat dielektrik.

Gain dari antena mikrostrip dapat diperbesar dengan menambahkan patch secara array, sehingga membentuk antena mikrostrip array. Antena *array* adalah susunan dari

beberapa antenna yang identik. Dalam antenna mikrostrip *patch*, yang disusun secara *array* adalah bagian *patch*. Medan total dari antenna *array* ditentukan oleh penjumlahan vektor dari medan yang diradiasikan oleh elemen tunggal.

Antena mikrostrip mempunyai beberapa keunggulan, diantaranya dimensi yang *portable*, kompak, dan tidak terlalu rumit. Akan tetapi, antena ini juga memiliki kekurangan, seperti gain yang tidak terlalu besar, keterarahan yang kurang baik, rugi-rugi hambatan pada saluran pencatu, dan lebar pita yang sempit [1]. Dalam penelitiannya yang berjudul “Rancang Bangun Antena Mikrostrip 900 MHz” Ardiyan khabzli mengungkapkan bahwa Antena mikrostrip layak digunakan untuk kepentingan berbagai Perangkat komunikasi seluler dengan berbagai macam frekuensi. Salah satu frekuensi komunikasi seluler yang banyak digunakan adalah 900 MHz. Untuk menangkap sinyal ini, digunakan antena mikrostrip yang low profile sehingga dapat diaplikasikan pada perangkat-perangkat mini, misalnya handphone dan modem [2].

Disisi lain, pada zaman sekarang ini juga masih banyak pengguna jaringan GSM pada beberapa wilayah yang masih belum mendapatkan jangkauan dari jaringan ini.

Oleh karena itu dalam penelitian ini penulis bertujuan untuk merancang dan menganalisis antena mikrostrip yang bekerja pada frekuensi 900 MHz. serta Merancang parameter antena mikrostrip dengan parameter yang baik sehingga antena ini dapat meningkatkan daya penerimaan sinyal oleh perangkat seluler. Kemudian dalam penulisan ini antena yang dibahas memakai teknik pencatutan mikrostrip feed line. Penulis hanya membahas beberapa parameter antena dalam pengukuran nyata di Laboratorium yaitu Gain, Return Loss, VSWR, Polarisasi serta Polarisasi.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam Penelitian ini digunakan metode sebagai berikut :

A. Studi Pustaka

1) **Antena mikrostrip** : Antena mikrostrip merupakan salah satu jenis antena yang berbentuk papan tipis dan mampu bekerja pada Antena mikrostrip dibuat dengan menggunakan sebuah substrat yang mempunyai tiga buah elemen dasar yaitu peradiasi (radiator), elemen substrat (substrate), dan elemen pentanahan (ground) [3]. Antena mikrostrip (*mikrostrip antenna*) atau yang dikenal juga sebagai

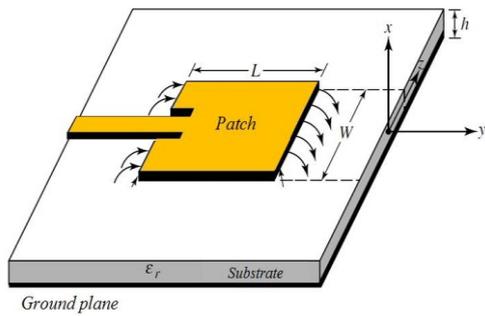
antena *patch juga* merupakan antena yang terbuat dari PCB dan terdiri atas beberapa lempengan-lempengan yang berbeda-beda fungsinya

Suatu antena mikrostrip sederhana memiliki bagian elemen peradiasi menunjukkan penampang dari sebuah antena mikrostrip. Mikrostrip antena sering disebut juga sebagai *patch* antena. Elemen peradiasi dan *transmission line* biasanya di *photoetched* diatas permukaan substrat dielektrik. Elemen peradiasi terbuat dari bahan mal yang mempunyai ketebalan yang sangat tipis. Elemen ini berfungsi untuk meradiasikan gelombang listrik dan magnetet. Besar, panjang, lebar maupun radius dari elemen *patch* sangat mempengaruhi frekuensi kerja antena.

Substrat merupakan bagian yang membatasi elemen peradiasi dan pertanahan. Bagian ini memiliki konstanta dielektrik (ϵ_r), faktor disipasi dan kebalan (h) tertentu, kiga nilai tersebut mempengaruhi frekuensi kerja, *bandwidth* dan efisiensi antena yang akan dibuat. Kebalan substrat jauh lebih besar dari kebalan *patch* atau elemen peradiasi. Semakin tebal substrat, maka *bandwidth* akan semakin meningkat, tapi berpengaruh terhadap timbulnya gelombang permukaan. Sedangkan elemen pertanahan (*ground*) berfungsi sebagai pembumian bagi sistem antena mikrostrip. Elemen pertanahan ini juga pada umumnya memiliki elemen yang sama dengan elemen peradiasi, yaitu berupa lempengan tembaga [4].

2) Antena mikrostrip path rectangular

Bentuk dari *patch* antena mikrostrip sangat beragam. *Patch* ini dapat berbentuk persegi, persegi panjang, *dipole*, lingkaran, segitiga, elips dan lain sebagainya. Akan tetapi *patch* yang berbentuk persegi dan lingkaran merupakan bentuk *patch* yang paling populer karena kemudahan dalam analisis, proses fabrikasi yang sederhana dan karakteristik radiasi yang atraktif. *Patch* persegi sejauh ini merupakan konfigurasi mikrostrip yang paling banyak digunakan. *Patch* persegi lebih mudah dibuat karena bentuknya yang lebih sederhana. Hanya dengan menyisakan metal yang berbentuk persegi pada proses *etching* antena ini dapat dibuat [5].



Gambar 1. Antena Mikrostrip

Untuk menentukan lebar *path* antena sebagai berikut[6] :

$$W_p = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (1)$$

Dimana :

- c = kecepatan cahaya (3×10^8) (m/s)
- f_0 = frekuensi kerja antena (GHz)
- ϵ_r = konstanta dielektrik substrat

Untuk menentukan panjang *path* menggunakan rumus sebagai berikut [7] :

$$L_p = L_{eff} - 2\Delta L \quad (2)$$

Dimana L_{eff} dan ΔL dapat dicari dari persamaan (3) dan (4) [7]:

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (3)$$

$$\Delta L = 0,412 h \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left(\frac{W_p}{h}\right)^{0,264}}{(\epsilon_{reff} - 0,258) \left(\frac{W_p}{h}\right)^{0,8}} \quad (4)$$

ϵ_{reff} dapat dicari dari persamaan (5) [8] :

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W_p} \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Untuk mencari lebar saluran pencatu adalah sebagai berikut [6]:

$$w = \frac{2h}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \{ \ln(B - 1) \} + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \quad (6)$$

Dengan B diperoleh dari persamaan (7) [6] :

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (7)$$

Untuk mencari panjang saluran pencatu adalah [3] :

$$L_f = \frac{\lambda_g}{4} \quad (8)$$

Dimana untuk λ_g dapat dicari melalui persamaan (9) :

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (9)$$

Sedangkan untuk Antena Array jarak antar element ditentukan dengan persamaan berikut :

$$W_d = \frac{\lambda_0}{4} \quad (10)$$

3) Teknik Pencatuan

Terdapat beberapa macam teknik pencatuan, antara lain *coaxial feed*, *microstrip feed*, *proximity coupled microstrip feed* dan *aperture-coupled microstrip feed*

Coaxial Feeding adalah salah satu teknik dasar yang digunakan dalam pencatuan antena mikrostrip. Kabel *koaksial* terhubung ke antena sehingga konduktor bagian luarnya terhubung pada bagian *ground*, sementara konduktor dalam disolder ke bagian *patch*

Coaxial feeding cukup mudah untuk di desain, cukup mudah dalam fabrikasinya. Namun pencatuan *coaxial feeding* memiliki kelemahan, yaitu membutuhkan tingkat presisi yang tinggi dalam penyolderan. *Coaxial feeding* biasanya memberikan *bandwidth* yang sempit dan ketika fabrikasi menggunakan substrat yang tebal, *probe* yang lebih lebar akan dibutuhkan untuk meningkatkan *power* permukaan dan induktansi dari *feeding*.

Sedangkan Dalam pencatuan jenis ini, *patch* dari mikrostrip di catu dengan jalur konduktor yang dilakukan di sisi yang sama pada elemen *patch*, atau biasa disebut dengan *microstrip line*. *Microstrip line feed* sangat mudah di desain, dihubungkan, dan di fabrikasi. Pencatuan jenis ini adalah pilihan yang baik jika digunakan untuk mencatu antena *array*. Bagaimanapun juga, pencatuan jenis ini juga memiliki kelemahan, yaitu menghasilkan *bandwidth* yang sempit.

Dalam teknik *Proximity coupled feeding* terdiri dari 2 *layer* atau tumpukan substrat dielektrik. *patch* dari antena mikrostrip terletak dibagian atas tumpukan atas substrat pertama dan jalur *feeding* atau pencatuannya terletak di bagian atas di *layer* kedua atau tumpukan bawah dari substrat. Jadi pencatuannya dikopel secara elektromagnetis oleh bagian *feeding* secara tidak langsung yang dibatasi oleh substrat dielektrik. Pencatuan jenis ini mengurangi radiasi yang tidak dibutuhkan dan

memperluas *bandwidth*. Kelemahannya yaitu dibutuhkan kecepatan dalam mendesain bagian atas dan bawah *layer*, agar energi dapat terkopel dengan baik.

Selanjutnya adalah *proximity coupled feeding*. Pencatuan jenis ini hampir sama dengan teknik pencatuan *proximity coupled feeding*, yaitu terdiri dari 2 *layer* substrat dengan bagian *ground* yang terletak bagian tengah diantara kedua substrat tersebut. *patch* dari mikrostrip terletak di bagian atas dari *layer* teratas substrat, dan jalur *feeding* terletak di bagian bawah dari *layer* terbawah substrat, dimana pada bagian *ground* diberikan *slot* yang sama dengan ukuran *feed line* agar energi dapat terkopel ke bagian *patch*. Keuntungan dari teknik pencatuan ini adalah akan memperluas *bandwidth* dari antenna

4) VSWR : Merupakan suatu perbandingan Yang ada Pada amplitudo gelombang berdiri (standing wave) maksimum dengan minimum yang terdapat didalam saluran transmisi. Terdapat dua bagian gelombang tegangan, pertama tegangan yang dikirimkan (V_0^+) dan yang kedua tegangan yang dipantulkan (V_0^-). Perbandingan tegangan yang dipantulkan dengan tegangan yang dikirimkan disebut sebagai koefisien refleksi tegangan (r) [9]

Gain : Gain adalah perbandingan antara intensitas radiasi suatu antenna pada suatu arah utama dengan intensitas radiasi dari antenna isotropik yang menggunakan sumber daya masukan yang sama. [10]

Metode yang paling banyak digunakan untuk mengukur *gain* antenna adalah metode perbandingan atau *gain transfer method*. Cara ini mempergunakan penguatan standar untuk menentukan penguatan absolut. Mula-mula dilakukan pengukuran *gain* relatif terhadap antenna standar yang penguatannya sudah ditera atau diketahui.

Pertama antenna yang diukur ditempatkan sebagai penerima dan daya yang diterima antenna diteruskan ke beban yang sesuai sambil direkam. Kemudian antenna pembanding atau referensi menggantikan antenna yang diukur dan daya yang diterima diteruskan ke beban yang sesuai yang sama sambil direkam juga.

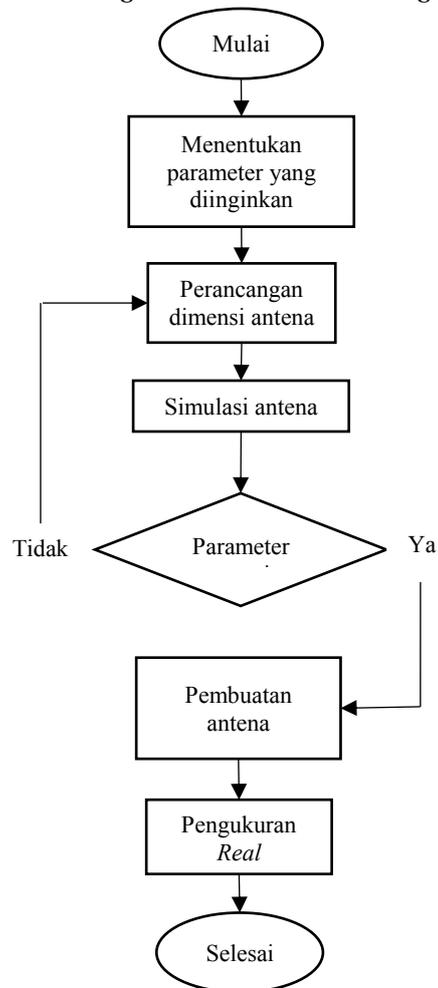
5) Pola Radiasi : Pola radiasi didefinisikan sebagai sebuah fungsi matematika atau representasi grafik dalam fungsi koordinat ruang dari sifat radiasi antenna. Sifat radiasi dapat meliputi kerapatan *flux*, intensitas radiasi, kuat medan, atau polarisasi. Biasanya sifat dari radiasi yang sangat penting ialah persebaran secara tiga dimensi atau dua

dimensi dari energi yang diradiasikan antenna[11]

6) Return Loss : *Return loss* dapat terjadi akibat adanya diskontinuitas diantara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena), sehingga tidak semua daya yang diradiasikan melainkan ada yang dipantulkan kembali [12]

Return loss digambarkan sebagai peningkatan amplitudo dari gelombang yang direfleksikan (V_0^-) dibandingkan dengan gelombang yang dikirim (V_0^+). *Return loss* dapat terjadi akibat adanya diskontinuitas diantara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena). Pada rangkaian gelombang mikro yang memiliki diskontinuitas (*mismatched*), besarnya *return loss* bervariasi tergantung pada frekuensi.

B. Perancangan dan Pembuatan Perangkat



Gambar 2 Flowchart Perancangan Antena.

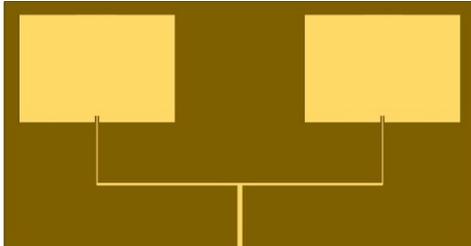
1) **Perancangan Perangkat** : Parameter yang ingin dihasilkan adalah sebagai berikut :

- Frekuensi kerja (f_0) = 900 Mhz
- VSWR <2
- Gain > 3
- Return Loss < -10 dB
- Pola radiasi dan Polarisasi circular
-

Kemudian dengan menggunakan persamaan 1-10 didapatkan hasil sebagai berikut :

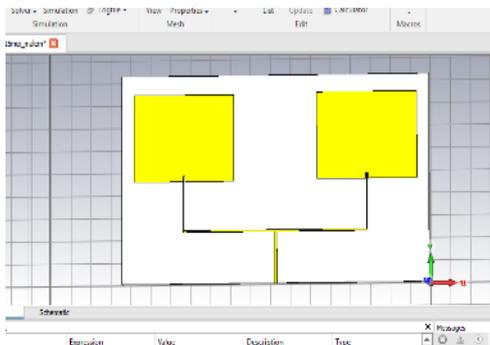
TABEL I.
HASIL PEHITUNGAN DIMENSI ANTENA

Komponen	Dimensi (mm)
Lebar Path	101.43
Panjang Patch	79.271
Jarak antar element	83.33
Panjang pencatu 100 Ω	15,215
Panjang pencatu 70 Ω	83.93
Panjang pencatu 50 Ω	45.8
Lebar pencatu 100 Ω	0.6
Lebar pencatu 70 Ω	1.58
Lebar pencatu 50 Ω	3
Panjang Ground Plane	307.3
Lebar Ground Plane	179.98



Gambar 3. Hasil rancangan Antena

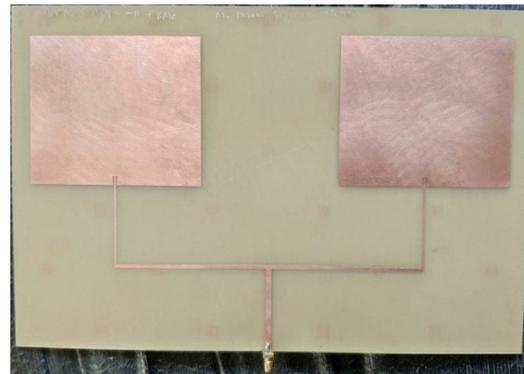
2) **Pembuatan Perangkat** : Sebelum memulai Pembuatan Antena, Penulis Melakukan simulasi dengan menggunakan software CST Studio Suite. Seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Simulasi dengan CST Studio Suite

Jika parameter dari hasil simulasi telah sesuai dengan parameter yang diinginkan, maka selanjutnya adalah proses pencetakan antenna. Proses Etching PCB dilakukan dengan teknik UV Photoresist Laminate. Penulis memilih proses ini karena tingkat keakuratan dari teknik UV Photoresist Laminate sangat tinggi sehingga sesuai jika digunakan untuk Etching PCB antenna agar didapatkan ukuran dimensi yang sesuai.

Hasil dari Antena yang Sudah dicetak dapat dilihat pada gambar 5 dan gambar 6.



Gambar 5. Hasil cetak Antena tampak depan



Gambar 6. Hasil cetak Antena tampak belakang.

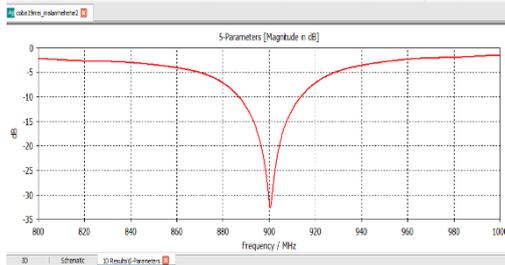
Kemudian Tahap selanjutnya adalah pengukuran *Real*. Pengukuran ini dilakukan di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

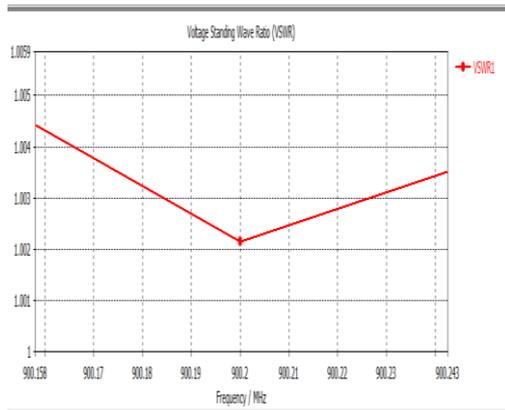
A. Hasil Simulasi

Dalam tahap ini, parameter-parameter yang diuji yaitu return loss, VSWR, pola radiasi dan polarisasi.

Pengujian Return Loss Berdasarkan gambar 7. nilai return loss yang didapatkan adalah -32,65 dB. Kemudian pengujian VSWR Hasil dari pengujian VSWR ditunjukkan pada gambar 8. nilai VSWR yang didapatkan adalah 1,03.

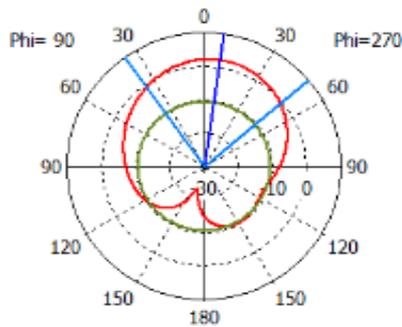


Gambar 7. Return Loss saat simulasi

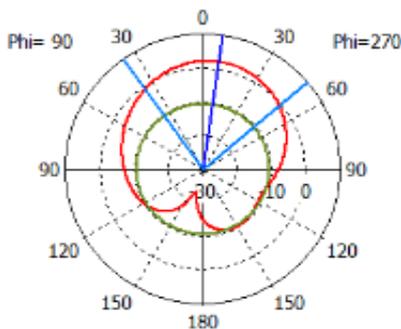


Gambar 8. VSWR saat simulasi

Kemudian pengujian Pola Radiasi dan Polarisasi dapat dilihat dari gambar 9 dan gambar 10. Hasil pola radiasi dan polarisasi nya berbentuk circular.



Gambar 9. Hasil pola radiasi simulasi.



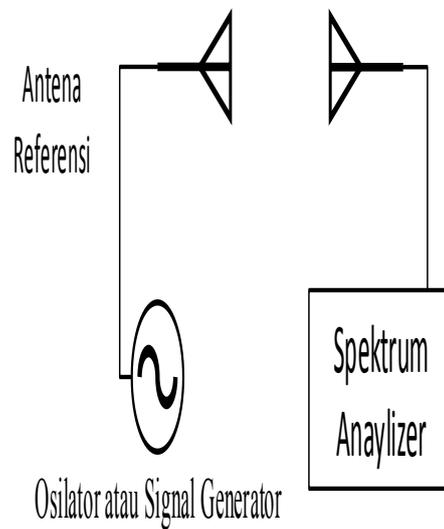
Gambar 10. Hasil pola radiasi simulasi.

B. Hasil Pengukuran Real.

Pengukuran ini dilakukan di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi. Parameter yang diuji adalah Gain, VSWR, Return Loss, Pola Radiasi dan Polarisasi.

Pengujian Return Loss Berdasarkan pada gambar 9. nilai return loss yang didapatkan adalah -11,08 dB. Kemudian pengujian VSWR Hasil dari pengujian VSWR ditunjukkan pada gambar 10. nilai VSWR yang didapatkan adalah 1,77.

Pengukuran Gain dilakukan dengan metode menggunakan Antena Referensi yang sudah diketahui Gainnya. Antena di atur posisinya seperti pada gambar 8



Gambar 11. Pengukuran Gain dengan menggunakan Antena referensi

Maka Gain Antena Mikrostrip Dapat dihitung dengan Persamaan :

$$G_a = G_r + (P_{Ra} - P_{Rr}) \tag{11}$$

Dengan :

G_a = Gain Antena Mikrostrip

G_r = Gain Antena referensi

P_{Ra} = Level signal Antena Mikrostrip

P_{Rr} = Level signal Antena Referensi

Dari pengukuran tersebut didapatkan data sebagai berikut :

- $G_r = 6,5$ dBi

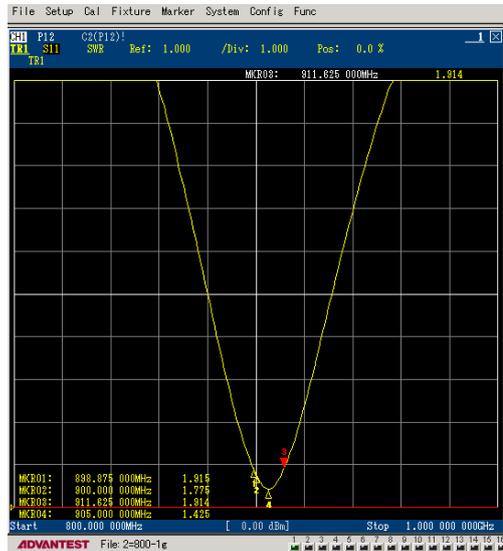
- $P_{Rr} = -25,3$ dBi

- $P_{Ra} = -25$ dBi

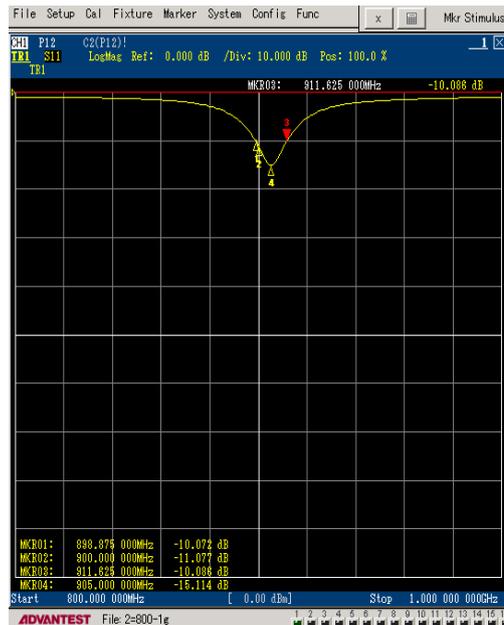
Maka dari Persamaan 11 Gain Antena adalah :

$$G_a = 6.5 + (-25 - (-25,3)) \text{ dBi}$$

Didapatkan Gain Antena Mikrostrip adalah 6.8 dBi



Gambar 12. VSWR Pengukuran Real



Gambar 13. Return Loss Pengukuran Real

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari seluruh penelitian ini adalah penggunaan nilai Γ_r terhadap perancangan sangat berpengaruh, dimana semakin besar nilai Γ_r yang digunakan maka frekuensi kerja yang dihasilkan semakin kecil, sebaliknya.

semakin kecil nilai Γ_r maka frekuensi yang diperoleh semakin besar. Penggunaan nilai frekuensi antena yang digunakan dapat mempengaruhi nilai dimensi antena, dimana semakin besar nilai frekuensi yang digunakan maka dimensi antena yang dihasilkan semakin

kecil, sebaliknya semakin kecil nilai frekuensi yang dihasilkan maka dimensi antena yang dihasilkan akan semakin besar.

Secara simulasi, antena mikrostrip yang dibuat sudah memenuhi target yang diinginkan untuk beberapa parameter. Parameter-parameter tersebut antara lain frekuensi tengah yaitu 900 MHz, return loss sebesar -32.65 dB, VSWR sebesar 1.3 dan memiliki polarisasi dan polarisasi circular. Gain Antena mikrostrip hasilnya juga memiliki nilai gain yang tinggi yaitu 6.8 dBi

Dari hasil perhitungan parameter antena secara teori dan kenyataan menghasilkan nilai yang hampir sama dengan VSWR dari pengukuran 1.77 dan Return loss pengukuran sebesar -11.08 dB. selama VSWR masih dibawah 2.0 dan Return Loss kurang dari -10 dB, maka hal tersebut tergolong bagus. Karena batas ambang vswr suatu antena adalah 2.0 dan batas ambang yang di sarankan agar menjadi antena yang baik adalah kurang dari -10 dB.

Ukuran feed line, saluran pencatu dan T-Junction sangat mempengaruhi keberhasilan dari ukuran uji sebuah antena, ketika kita mengurangi atau menambah besar kecilnya dimensi antena maka hasil parameter dari simulasi bisa semakin bagus atau semakin jelek.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya yang telah memberikan kesehatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Rancang Bangun Antena Mikrostrip *Path Rectangular* pada Frekuensi 900 MHz untuk Aplikasi GSM" dapat diselesaikan dengan baik sesuai dengan waktu yang telah direncanakan.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Arnol Zayani dan Kardiyati orang tua Penulis, juga Ir Jon Endri, M.T dan Sarjana, S.T M.T. selaku dosen penguji penulis yang sudah membantu penulis dalam menyelesaikan paper ini, serta teman-teman penulis yang sudah memberikan dukungan selama pembuatan paper ini.

REFERENSI

- [1] P. Antena and M. Array, "MENINGKATKAN GAIN UNTUK APLIKASI LTE PADA FREKUENSI 2.300 MHz DESIGNING 2x1 ARRAY MICROSTRIP ANTENNA TO

- IMPROVE GAIN FOR LTE APPLICATIONS IN 2 , 300 MHz,” pp. 365–378, 1945.
- [2] A. Khabzli, “Rancang Bangun Antena Mikrostrip 900 MHz,” pp. 1–6, 2011.
- [3] I. M. P. Budi, E. S. Nugraha, and A. Agung, “Perancangan dan Analisis Antena Mikrostrip MIMO Circular Pada Frekuensi 2 , 35 Ghz Untuk Aplikasi LTE,” vol. 9, no. 1, pp. 136–146, 2017.
- [4] A. H. R. Maria Natalia Silalahi, “Analisis Antena Mikrostrip Patch Segiempat dengan Teknik Planar Array,” *J. Univ. Sumatra Utara*, pp. 84–89, 2013.
- [5] G. H. Z. Untuk, A. Wireless, E. Yovita, D. Utami, F. D. Setiaji, and D. Pebrianto, “Rancang Bangun Antena Mikrostrip Persegi Panjang 2 , 4,” no. 3, 2017.
- [6] C. A. Balanis, *Antenna Theory*, vol. 3rd. 2005.
- [7] D. Pasaribu, A. H. Rambe, and K. Kunci, “RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP PATCH SEGIEMPAT PADA FREKUENSI 2 , 4 GHZ DENGAN METODE PENCATUAN INSET,” vol. 7, no. 1, pp. 30–35, 2014.
- [8] M. Darsono, “Rancang Bangun Antena Mikrostrip Dua Elemen Patch Persegi Untuk Aplikasi Wireless,” vol. 6, no. 2, pp. 171–176, 2018.
- [9] F. Saleh, “Rancang Bangun Antena Mikrostrip Metode Phase Array Peradiasi Rectangular 4 Element Patch Frekuensi 900 MHz,” *Skripsi, Fak. Tek. Univ. Jember*, p. 47, 2014.
- [10] A. Wahyu, “Rancang Bangun Antena Microstrip 900 MHz Untuk Sistem GSM f_c = Center frekuensi,” *J. Sains, Teknol. Dan Ind.*, vol. 12, no. 1, pp. 67–72, 2014.
- [11] V. A. Ridho and D. Setiabudi, “Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip 700 MHz Model Patch Circular Dengan Metode Linear Array Sebagai Penerima TV Digital,” pp. 45–49.
- [12] I. Surjati, “Antena mikrostrip bentuk segiempat,” *JETri*, vol. 1, no. July, pp. 69–76, 2001.