

RANCANG BANGUN ANTENA RECTANGULAR MICROSTRIP SLOT UNTUK APLIKASI LTE PADA BAND FREKUENSI 800 MHz

Sulwan Dase¹⁾, Irawati Razak²⁾

^{1,2)} Program Studi Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Ujung Pandang

ABSTRACT

This study aims to design and manufacture rectangular microstrip slot antenna for Long Term Evolution (LTE) network applications. Technical requirements LTE technology for 800 MHz, requires a frequency bandwidth of 70 MHz to be able to transmit data up to 100 MBps. In this study, LTE antennas are designed to operate on 800 MHz frequency bands. The approach model uses the transmission line model (TLM). It is expected to obtain a minimum frequency bandwidth of 70 MHz (uplink/downlink), with bidirectional radiation pattern and a minimum Gain of 5 dBi. The result of antenna characteristic measurement is obtained bandwidth 100 MHz (800 - 900 MHz) measured at SWR 1,5. Antenna gain is $\cong 8$ dBi with bidirectional radiation pattern (forward-backward). Electrical field polarization is vertical.

Keywords: Antenna, LTE, Microstrip Slot, TLM,

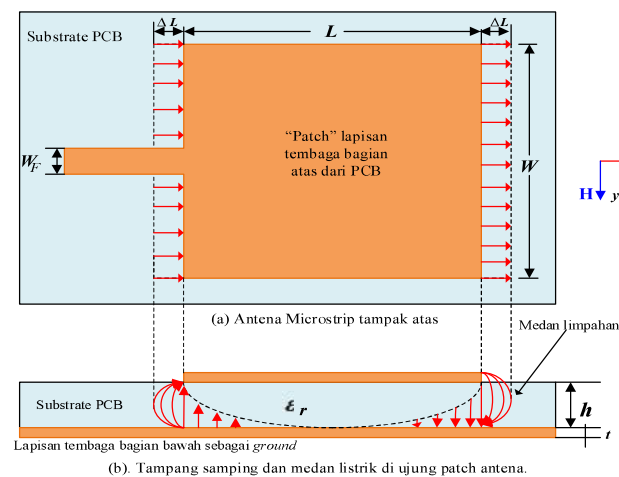
1. PENDAHULUAN

Teknologi LTE bekerja pada band 800 MHz membutuhkan lebar bandwith sebesar 25 MHz untuk band frekuensi *uplink* (824 – 849 MHz) maupun *downlink* (869 – 894 MHz). Terdapat spasi frekuensi antara band uplink dan downlink sebesar 20 MHz. Total bandwidth frekuensi yang di butuhkan adalah 70 MHz. Beragam bentuk antenna telah dikembangkan untuk beragam aplikasi pada jaringan *broadband*. Diantaranya adalah antenna microstrip patch dan antenna microstrip slot [1]. Antena-antenna microstrip slot, memiliki keunggulan dalam hal lebar bandwidth dibanding antenna microstrip patch [2][3][4][5].

Metode pendekatan analisis menggunakan Transmission Line Model (TLM). Alasan pemilihan pemodelan TLM karena terdapat kesamaan pendekatan analisa antara microstrip rectangular patch dengan antenna slot. Pada pemodelan *TLM*, frekuensi resonansi antenna microstrip *rectangular patch* dinyatakan dengan persamaan pendekatan yang dilakukan oleh Muson [4] dan Bahl [6][7][8][9][10] sebagai berikut:

$$f_r = \frac{c}{2(L+2\Delta L)\sqrt{\epsilon_e}} \quad (\text{Hz}) \quad (1)$$

dimana, c = kecepatan cahaya, 3×10^8 m/dtk, L = panjang *patch*, ΔL = pertambahan panjang akibat medan limpahan (*fringing field*), ϵ_e adalah permitivitas efektif substrat.



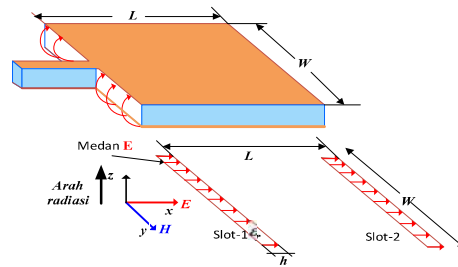
Gambar 1. Antena microstrip *rectangular patch*.

Pada pemodelan *TLM*, permitivitas efektif, ϵ_e untuk $W/h \geq 1$ [6] dinyatakan dengan:

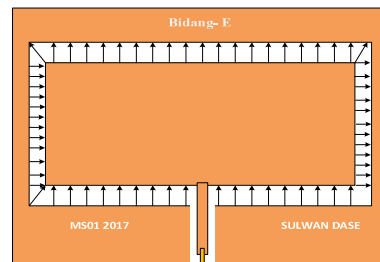
$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W} \right)^{-1/2} \quad (2)$$

¹ Koresponding : Sulwan Dase, Telp 082193552238, sulwandase@polipug.ac.id

dimana, ϵ_r = permitivitas relatif substrat PCB, W adalah lebar *patch* antenna dan h adalah ketebalan substrat PCB



Gambar 2. Vektor medan listrik.



Gambar 3. Medan pada antenna rectangular microstrip slot.

Pertambahan panjang akibat fringing field, ΔL , dihitung dengan persamaan:

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_r + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.2 \right)}{(\epsilon_r - 0.2) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (3)$$

Perhitungan permitivitas efektif ϵ_e , dinyatakan dengan :

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 10 \frac{h}{W} \right)^{-1} \quad (4)$$

Pertambahan panjang akibat *fringing field*, ΔL , dihitung dengan persamaan:

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_e + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.2 \right)}{(\epsilon_e - 0.2) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (5)$$

Perhitungan lebar *patch* (W) dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$W = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (m) \quad (6)$$

dimana, λ_0 adalah panjang gelombang diruang bebas.

Panjang aktual (L) dari patch antenna microstrip dinyatakan dengan persamaan,

$$L = \frac{c}{2f_r} \frac{1}{\sqrt{\epsilon_e}} - 2\Delta L \quad (7)$$

Panjang efektif antenna adalah:

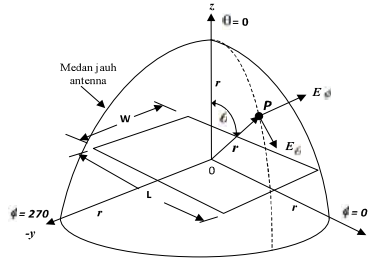
$$L_e = L + 2\Delta L \quad (m) \quad (8)$$

$$F(\theta) = \frac{s_i \left(\frac{\pi}{\lambda_0} c \right)}{\frac{\pi}{\lambda_0}} s_i \quad (A/m) \quad (9)$$

dan pola bidang - E adalah,

$$F(\phi) = \frac{s \left(\frac{ih}{\lambda_0} c \right)}{\frac{ih}{\lambda_0} c} c_i \left(\frac{\pi}{\lambda_0} c_i \right) (V/m) \quad (10)$$

dimana λ_0 panjang gelombang dalam ruang bebas, θ, ϕ adalah sudut dalam koordinat bola seperti yang di definisikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rectrangular patch dalam koordinat bola.

Penomena radiasi gelombang elektromagnetik oleh sebuah celah (*slot*) pada antenna *microstrip rectangular patch* untuk pemodelan TLM telah dikemukakan oleh Yoshimura [11] dan Derneryd [12] dan Pozar [13].

Antena *slot* kemudian diaplikasikan untuk berbagai penggunaan. Beberapa diantara telah diaplikasikan untuk antenna LTE seperti yang dilaporkan oleh Yadav [14], Chitra [15], Elfergani [16], Burasa [17] dan Haraoun [18]. Mereka melaporkan bahwa antenna microstrip slot memiliki bandwidth yang lebih lebar dibanding antenna microstrip patch. Oleh karena itu sangat baik digunakan sebagai antenna untuk UWB (ultra-wideband).

Yadav [14] melaporkan bahwa desain antenna rectangular microstrip slot yang dibuatnya menghasilkan bandwidth 8,9 GHz pada frekuensi 2,3-11,2 GHz. Chitra [15] melaporkan bahwa antenna microstrip slot berbentuk E dapat diperoleh bandwidth 1,6 GHz. Demikian eksperimen lainnya yang sama melaporkan bahwa antenna-antenna microstrip slot memiliki bandwidth lebih lebar dibanding antenna microstrip patch.

Sze [16] melaporkan gain antenna microstrip slot hasil percobaannya dapat mencapai 5.3 dBi. Hal serupa dilaporkan oleh Elfergani [17] bahwa penguatan daya (*power gain*) pada antenna microstrip slot bervariasi tergantung frekuensi kerja. Gain antenna mulai dari 0.91 dBi (600 Hz) sampai 4.32 dBi (2600 MHz).

2. METODE PENELITIAN

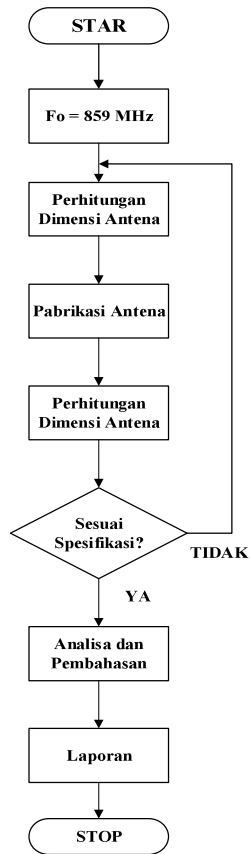
Penelitian ini menggunakan bahan PCB (*printed circuit board*) jenis Epoxy FR4 *double layer* sebagai bahan baku antenna. Diketahui permitivitas relatif subtract PCB Epoxy FR4 adalah $\epsilon_r = 4.4$, dengan ketebalan subtract, $h = 1.6$ mm.

Antena dirancang untuk bekerja pada band frekuensi LTE 800 MHz. Rentang frekuensi *uplink* bekerja pada frekuensi 824 – 849 MHz (25 MHz) dan frekuensi *downlink* pada 869 – 894 MHz (25 MHz). Antara band *uplink* dan *downlink* terdapat spasi frekuensi sebesar 20 MHz. Sedemikian sehingga total lebar bandwidth minimal yang dibutuhkan sebesar 70 MHz. Gambar 5, memperlihatkan bagan alir penelitian. Untuk kepentingan perhitungan dimensi patch antenna, ditetapkan frekuensi 800 MHz sebagai acuan. Untuk memperoleh gain terbaik, maka dilakukan beberapa kali percobaan dengan dimensi antenna yang. Tabel 1, memperlihatkan hubungan gain antenna dengan dimensi antenna. Semua antenna memiliki polarisasi *bi-directional*. Polarisasi medan listrik (E) adalah vertikal (bidang-E vertikal).

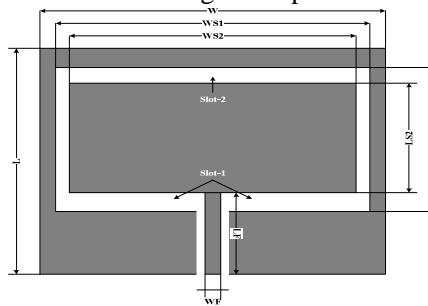
Lokasi pengukuran dilaksanakan di ruang laboratorium frekuensi tinggi Program Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Ujung Pandang. Kondisi ruang pengukuran sebagaimana situasi nyata dalam ruangan laboratorium. Alat ukur yang digunakan terdiri dari, FieldFox RF Vector Network Analyzer Agilent Technology – N9923A, Spectrum Analyzer Instek GSP-801, Signal Generator Hewlett-Packard HP-8656B dan Pigtail Cable 3m TP-Link dua buah.

Gambar antenna microstrip slot digambar menggunakan software aplikasi Visio. Hasilnya dicetak (print) diatas kertas “transfer” kemudian di setrika diatas papan PCB Epoxy FR. Gambar yang telah dipindahkan keatas permukaan papan PCB tersebut dilarutkan menggunakan bahan pelarut yang terdiri dari HCL, H2O2 dan air dengan komposisi 20% bagian HCL, 30% bagian H2O2 dan 50% bagian air.

Antena microstrip slot yang telah dicetak kemudian diberikan *Female SMA Connector* sebagai catu masukan. Pigtail Cable yang digunakan sangat sesuai dengan kondisi peralatan ukur yang digunakan. Ujung kabel pigtail terdiri dari Male SMA Connector dan UHF Connector (N-Connector). Spesifikasi antenna yang diukur yaitu, Return Loss, SWR, Impedansi antenna pada frekuensi tertentu dan gain antenna, polarisasi medan E. Polarisasi diukur hanya untuk memastikan bahwa antenna bekerja *bi-directional* arah ke depan (*forward*) dan ke belakang (*backward*) antenna. Jumlah antenna yang di uji sebanyak 5 (lima) model prototype dan dihasilkan dua prototype terbaik. Dalam percobaan ini, lebar slot dan jarak antar slot dibuat bervariasi. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan untuk memperoleh desain antenna terbaik yang memenuhi syarat teknis sebuah antenna 4G / LTE pada band 800 MHz. Gambar 6 memperlihatkan konsep desain prototype dari antenna yang dirancang. Dimensi dan hasil pengukuran terdapat pada Tabel 1.



Gambar 5. Bagan alir penelitian



Gambar 6. Desain Microstrip Slot Model-2.

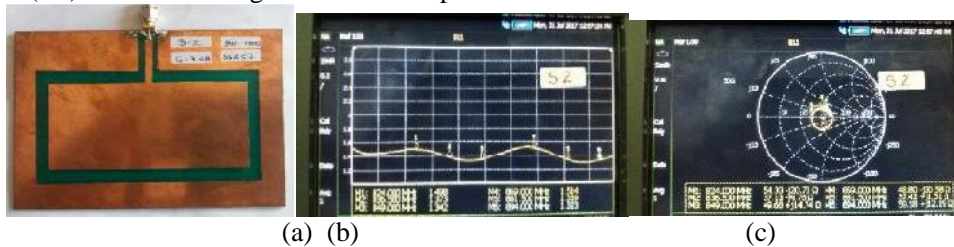
Tabel 1. Hasil Pengukuran

ANTENA	Dimensi fisik (mm)	Spesifikasi
S2	W = 133 WS1 = 112 WS2 = 104 L = 120 LS1 = 76 LS2 = 58 WF = 4 LF = 45	Gain \cong 8 dBi BW = 100 MHz VSWR \leq 1.5 Imp \cong 50 Ohm Polarisasi=Vertikal Pola radiasi = <i>bidirectional</i>
S3	W = 133 WS1 = 112 WS2 = 105 L = 120 LS1 = 76 LS2 = 58 WF = 4 LF = 45	Gain \cong 8 dBi BW = 100 MHz VSWR \leq 1.5 Imp \cong 50 Ohm Polarisasi=Vertikal Pola radiasi = <i>bidirectional</i>

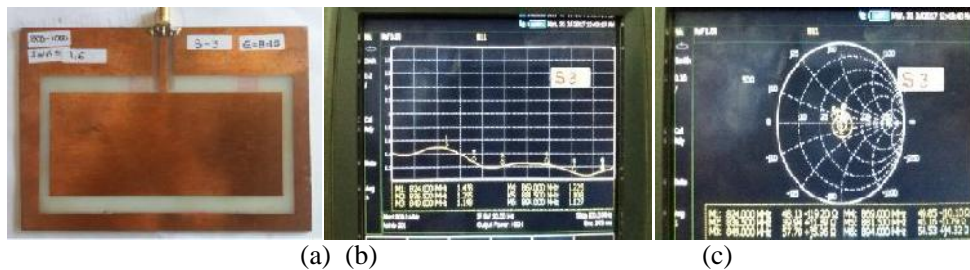
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi pengukuran dilakukan diruangan Laboratorium Frekuensi Program Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Ujung Pandang. Didalam ruangan terdapat berbagai peralatan instrumentasi dan alat praktek lainnya dengan *chasing* dan frame modul praktikum yang terbuat dari logam. Dinding dalam ruangan Laboratorium tidak dilapisi dengan lapisan anti pantulan sehingga sulit untuk meredam terjadinya pantulan. Antena referensi yang digunakan berupa antenna dipole setengah panjang gelombang ($\lambda/2$). Dalam hal ini, antenna dipole ($\lambda/2$) secara teori diketahui memiliki direktivitas sebesar 2.14 dB terhadap isotropis.

Dari serangkaian pengukuran diperoleh dua prototype terbaik yang terdapat pada Tabel 1. Dari table dapat dilihat bahwa antenna Model S2 dan S3 memiliki *gain* \cong 8 dBi. Bandwidth frekuensi 100 MHz dengan SWR rata-rata dibawah 1.5. Pada hakekatnya antenna ini memiliki bandwidth sampai 200 MHz, namun dalam pengukuran dibatasi dalam band LTE saja. Dari hasil pengukuran dapat dilihat bahwa dimensi lebar dan panjang patch serta lebar slot berpengaruh pada karakteristik antenna. Hasil desain menghasilkan target capaian diatas perkiraan semula yaitu, gain antenna diatas 5 dBi dan bandwidth diatas 70 MHz. Pola radiasi antenna, dominan kearah depan dan belakang dan sama besarnya. Radiasi akan kecil dalam arah ke samping kiri kanan antenna. Dengan demikian pola radiasi antenna bersifat dua arah atau *bidirectional*. Arah vector medan listrik (**E**) vertikal atau tegak lurus terhadap lantai.

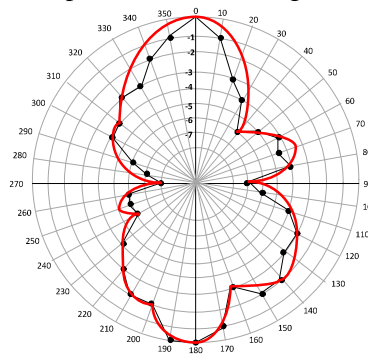


Gambar 7. (a) Pabrikasi antenna microstrip slot Model-S2, (b) SWR dan (d) impedansi input antenna fungsi frekuensi.



Gambar 8. (a) Pabrikasi antenna microstrip slot Model-S3, (b) SWR dan (c) impedansi input antenna fungsi frekuensi.

Simulasi menggunakan software MMANA-GAL menghasilkan pola radiasi seperti pada Gambar 16. Jika dibandingkan dengan pola radiasi hasil pengukuran, terdapat kemiripan pola radiasi. Adanya pantulan sinyal di lokasi pengukuran menyebabkan pola radiasi tidak begitu sempurna.



Gambar 10. Pola radiasi berdasarkan hasil pengukuran.

4. KESIMPULAN

Dari serangkaian percobaan dapat disimpulkan bahwa spesifikasi teknis hasil rancang bangun antenna *rectangular microstrip slot* telah memenuhi persyaratan teknis untuk digunakan sebagai 4G atau LTE yang bekerja pada band 800 MHz, baik dari segi lebar band frekuensi yang mencapai 100 MHz, maupun gain yang dapat mencapai 8 dBi.

5. REFERENSI

- [1]. Lee, K.F. 2016. *A Personal Overview of The Development of Microstrip Patch Antennas*. 2016 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation (APSURSI). **IEEE Conference Publications**.
- [2]. Ding, X; Jacob, A. F. 1995. *Novel Broadband Slot Antennas with Low Cross-Polarization*. Annual report 1995, Institut Hochfrequenztechnik, TU Braunschweig.
- [3]. Deshmukh, A.A, Ray,K.P. 2015. Analysis of Broadband Variations of U-Slot Cut Rectangular Microstrip Antennas. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, Vol. 57, No, 2 April 2015.
- [4]. Carver, K.R, and James W. Mink. 1981. *Microstrip antenna technology*. *IEEE transactions on antennas and propagation*, Vol AP-29, no.1,pp 21,January 1981.
- [5]. R. E. Munson. 1974. "Conformal microstrip antennas and microstrip phase arrays," *IEEE Trans. AP*, vol. 22, no. 1, pp. 74-77.
- [6]. Hammerstad, E.O. Equations for Microstrip Circuit Design. Published in: *Microwave Conference*, 1975. 5th European.
- [7]. Bahl, I.J; Bhartia, P. 1980. *Design Considerations in Microstrip Antenna Fabrication*. *IEEE Conference Publications*.
- [8]. Bahl, I.J, Bhartia, P. 1982. *Design of Microstrip Antennas Covered with a Dielectric Layer*. *IEEE Transaction On Antennas and Propagations*, Vol. AP-30.
- [9]. Bhartia, P, Rao, K.V.S, Tomar, R.S. 1991. *Millimeter-Wave Microstrip and Printed Circuit Antennas*. Artech House, Boston – London.
- [10]. Barret, R.M. 1984. *Microwave Printed Circuits – The Early Years*. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Vol. 32, Issue: 9, Pages: 983 – 990.
- [11]. Yoshimura, Y. 1972. *A Microstripline Slot Antenna*. *IEEE Transaction on Microwave Theory and Technique*. Vol.20, Issue: 11, Pages: 760-762, DOI:10.1109/TMTT.1972.1127868.
- [12]. Derneryd, A.G. 1976. *Linearly Polarized Microstrip Antennas*. *IEEE Transaction on Antennas and Propagation*. Vol: 24, Issue 6.
- [13]. Pozar, D. 1986. *A reciprocity method of analysis for printed slot and slot-coupled microstrip antennas*. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* Volume: 34, Issue: 12, Pages: 1439 – 1446.
- [14]. Yadav, A; Pahwa, K. 2014. Design and Parametric Study of Rectangular Slot Microstrip Patch Antenna for UWB Applications. *International Journal of Engineering & Electronics Engineering (IJEET)*, Vol. 1, Issue 3.
- [15]. Chitra, R.J; Jeyanti R; Nagarajan V. 2013. *Design of E Slot Rectangular Microstrip Slot Antenna for WiMAX Application*. 2013 International Conference on Communication and Signal Processing. *IEEE Conference Publication*.
- [16]. Sze, J.Y; Wong, K.L; 2000. *Slotted Rectangular Microstrip Antenna for Bandwidth Enhancement*. *IEEE Transaction on Antenna and Propagation*. Vol. 28, No. 4. Augustus 2000.
- [17]. Elfergani, T.E at al. 2016. *Balanced Antenna Structure with Slotted Ground Plane for LTE Dual Band*. 2016 Loughborough Antenna & Propagation Conference (LAPC). Pages: 1-5, DOI:10.1109/LAPC.2016.7807493. *IEEE Conference Publications*.
- [18]. Burasa P; Djerafi, T; Constantin N.G; Wu K. 2017. *On-Chip Dual Band Rectangular Slot Antenna for Single-Chip Millimeter Wave Identification Tag in Standard CMOS Technology*. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. Vol: 65, Issue:8, Pages 3858-3868.
- [19]. Haroun, M.H; Ayad, Hussam; Jomaa, J. 2015. *Design of a Tri Band Microstrip Slot Antenna for LTE Application*. 2015 Fifth International Conference on Digital Information and Communication Technology and its Application (DICTAP), Pages: 165-168, DOI:10.1109/DICTAP.2015.7113191. *IEEE Conference Publication*.
email: sulwandase@poliupg.ac.id
email: ira_razak@yahoo.com