

Antena Mikrostrip Dicu Saluran Mikrostrip Berbentuk Garpu Secara *Proximity Coupling* untuk Memperlebar Bandwidth

Iskandar Fitri¹ dan Eko Tjipto Rabardjo²

¹ Dosen Teknik Elektro Universitas Nasional, Jl. Sawo Manila, Pejaten, Pasar Minggu, JAK-SEL.

² Dosen Departemen Teknik Elektro Universitas Indonesia, Depok.

E-mail : tektel2001@yahoo.com., E-mail : eko@eng.ui.ac.id

Abstrak

Makalah ini menguraikan hasil rancang bangun antena untuk meningkatkan bandwidth patch antena dengan teknik *proximity-coupling*. Susunan antena tersebut terdiri dari dua lapis substrat dimana lapisan atas berfungsi sebagai elemen radiasi dan lapisan bawah digunakan sebagai sistem pencatuan. Saluran pencatu yang ditambah stub berfungsi untuk mengendalikan bagian riil impedansi antena agar sesuai dengan karakteristik impedansi saluran pencatu. Antena dicatu dengan saluran mikrostrip berbentuk seperti garpu untuk meningkatkan bandwidth yang lebih lebar. Dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa bandwidth dengan $VSWR \leq 2$ adalah 0.98 GHz dan gain sebesar 9.3 dB. Pola radiasi antena adalah 70° pada bidang E dan 80° pada bidang H.

Kata Kunci : kopel elektromagnetik, sistem pencatuan, batang penyesuaian bentuk garpu, bandwidth lebar

Abstract

This paper describes design of antenna for increasing bandwidth of patch antenna by *proximity coupling*. The antenna structures had two layer substrates where the top layer is used as radiator element and the bottom layer is used for feeding system. The feeding system composed a stub is used to control real impedance antenna for matching to impedance characteristic feeding line. The antenna is fed by microstripline with a fork-like tuning stub for increasing much wider bandwidth. From measurement, obtained bandwidth with $VSWR \leq 2$ is 0.98 GHz and the antenna gain is 9.3 dB. The Radiation pattern antenna is 70° for E plane and 80° for H plane.

Key Words : electromagnetic coupled, feeding system, fork-like tuning stub, wide-bandwidth

1. Pendahuluan

Antena mikrostrip saat ini merupakan salah satu antena yang sangat pesat perkembangannya di dalam sistem telekomunikasi sehingga mendapatkan banyak perhatian, baik dari kalangan akademis maupun industri karena efisiensi dan kehandalannya. Secara intrinsik antena mikrostrip memiliki beberapa kelemahan dalam hal lebar-pita (*bandwidth*) yang sempit, dan keterbatasan penguatan (*gain*) [2]. Namun banyak penelitian dilakukan untuk mengatasi hal tersebut.

Banyak teknik yang telah dilakukan untuk pencapaian lebar-pita yang sangat lebar pada antena mikrostrip [2]. Salah satunya adalah teknik *proximity-coupling* yang terdiri dari dua lapis bahan dielektrik yang mana lapis atas berfungsi sebagai elemen radiator dan lapis bawah digunakan untuk saluran pencatu mikrostrip. Efek kopling terjadi dari pengaruh medan radiasi yang dihasilkan oleh saluran pencatu mikrostrip menuju *patch* (radiator) yang kemudian menghasilkan radiasi medan elektromagnetik. Secara analogi rangkaian, antara saluran mikrostrip dan *patch* antena membentuk rangkaian primer dan sekunder

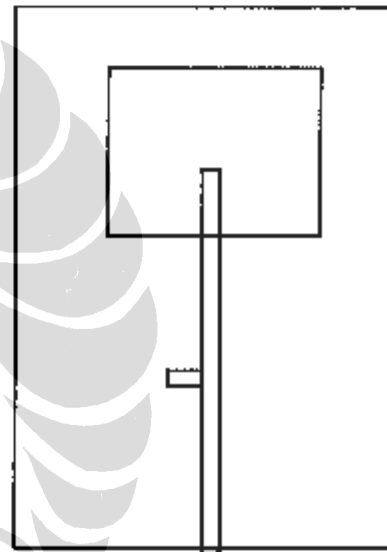
(transformer) yang menghasilkan mutual induktansi. Dalam hal ini efek kopling dikendalikan oleh lebar *patch* dan sisipan saluran mikrostrip pada bagian bawah dari pinggir *patch*. Peningkatan efek kopling oleh lebar *patch* terbatas [3], sehingga pengembangan dari jenis antena ini bertumpu pada variasi teknik saluran pencatuannya. Dengan menggunakan pencatu saluran mikrostrip sederhana, lebar-pita yang didapat sebesar 67,29 MHz untuk frekuensi resonansi 1,083 GHz dan 76 MHz untuk frekuensi 2,448 GHz [3]-[4], dan bila menggunakan teknik pencatutan saluran mikrostrip dengan teknik penyesuaian, maka lebar-pita yang dihasilkan yaitu, 480 MHz untuk frekuensi 3.7 GHz, 960 MHz untuk frekuensi 8.1 GHz, dan 0.5 GHz pada frekuensi 2.4 GHz [5]-[7]. Oleh Pozar [5] digunakan teknik saluran catu mikrostrip dengan *stub* pendek terhubung secara *shunt* antara *patch* dan sumber tegangan (Gambar 1), sehingga menghasilkan lebar-pita antena sebesar 0.5 GHz. Dalam paper ini penulis mengusulkan teknik pencatutan saluran mikrostrip dengan bentuk garpu pada ujung saluran terbuka yang berada dibawah *patch* antena dan ditambah dengan *stub* terhubung secara *shunt* seperti terlihat pada Gambar 2. Dengan menggunakan teknik tersebut terbukti dapat lebih meningkatkan lebar-pita *patch* antena mikrostrip sebesar 0.98 GHz.

2. Simulasi dan Rancang Bangun Antena

Spesifikasi perancangan antena mikrostrip *proximity coupling* yaitu dengan menggunakan saluran catu berbentuk garpu ditujukan untuk menghasilkan *bandwidth* yang lebar dengan lebar pita frekuensi sebesar 1 GHz dan bekerja pada frekuensi 5 GHz. Impedansi karakteristik pada saluran catu sebesar 50 Ohm. Gain antena minimal 8 dB dan *VSWR* sebesar 1.5.

Jenis substrat yang digunakan untuk antena mikrostrip akan mempengaruhi parameter-parameter dalam perancangan karena tiap substrat memiliki parameter-parameter yang berbeda. Parameter yang perlu diperhatikan adalah konstanta dielektrika relatif substrat

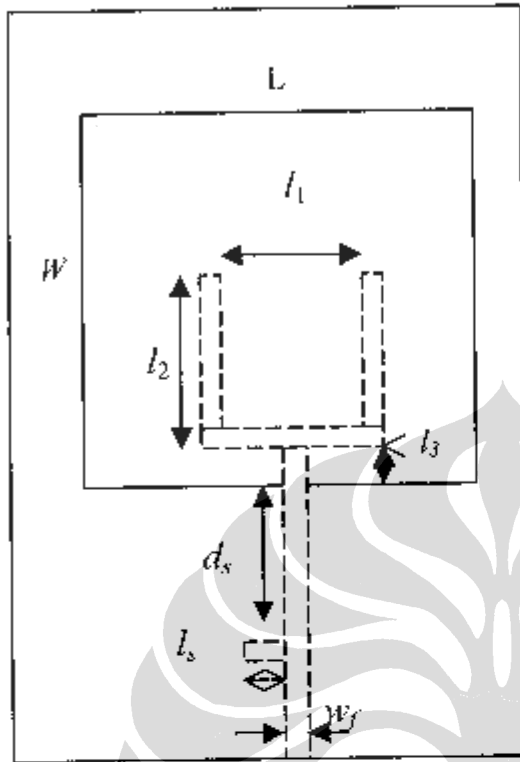
(ϵ_r), rugi-rugi tangensial ($\tan \delta$) dan tebal substrat (h), sedangkan tebal elemen penghantar (t) dan nilai konduktivitas elemen penghantar (σ) dapat diabaikan. Pada perancangan ini digunakan substrat *RT Duroid 5880* dengan ukuran 5.5 x 10 cm, konstanta dielektrik 2.2, dan ketebalan 0.787 mm. Dengan menggunakan bantuan perangkat lunak, maka didapat geometri antena yang menghasilkan lebar-pita optimal. Hasil perancangan antena ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1.

Antena mikrostrip *proximity coupling* [5]

Sebelum dilakukan pembuatan dan pengukuran antena, dilakukan perancangan antenna dalam simulasi piranti lunak sebagai pendekatan untuk mengetahui hasil yang akan dicapai. Dalam perancangan ini digunakan program *Microwave Office 2002 (MWO 2002)* yang menggunakan teknik analisa metode momen (*method of moment*). Metode ini digunakan untuk pemecahan masalah medan elektromagnetik dengan tingkat ketelitian dan akurasi yang tinggi dalam melakukan analisa terhadap parameter antenna. Program tersebut juga memiliki keunggulan dalam pengoperasian karena menggunakan prinsip operasi berbasis *windows*, kedua dapat digunakan untuk banyak aplikasi rekayasa



Gambar 2.

Geometri antenna hasil perancangan ($l_1=1.75$ cm, $l_2=2$ cm, $l_3=0.45$ cm, $d_s=1.75$ cm, $l_s=0.48$ cm, $w_f=0.25$ cm, $W=4$, $L=3.9$ cm)

mikrostrip, baik untuk aplikasi rangkaian gelombang mikro maupun antenna, maka hasil lebar saluran catu sebesar 0.24249 cm yang dibulatkan menjadi 0.25 cm. Kemudian digambar patch antenna pada lapisan atas dan saluran catu di lapisan bawah dengan parameter nilai enclosure 5.5/22 pada divisi X dan 10/40 pada divisi Y. Pada lapisan dielektrik adalah 0,787 mm untuk ketebalan masing-masing substrat. Harga syarat batas yang ditetapkan adalah 377 Ohm pada bagian atas dan konduktor sempurna pada bagian bawah. Jarak frekuensi yang dianalisa mulai pada 4 GHz dan akhir 6 GHz dengan tahapan frekuensi 0.5 GHz. Untuk mendapatkan lebar-pita yang optimal dilakukan dengan merubah-ubah ukuran panjang dan lebar patch antenna, serta merubah panjang saluran catu berbentuk garpu (l_1, l_2, l_3, l_4). Untuk mendapatkan frekuensi yang diinginkan dilakukan perubahan jarak antara stub dan patch antenna

(d_s). Perubahan ukuran pada saluran catu sangat berpengaruh terhadap frekuensi kerja dan lebar bandwidth. Perubahan lebar-pita frekuensi sangat dipengaruhi oleh panjang bentuk garpu saluran catu (l_1, l_2, l_3) dan jarak antara stub dan pinggir patch (d_s).

Pada ukuran garpu terdapat tiga nilai yang memberikan kontribusi yaitu l_1, l_2 , dan l_3 . Dimana l_2 dan l_3 dalam analisa ini menjadi satu kesatuan yaitu sebagai panjang sisipan saluran catu dari pinggir patch, sehingga $S = l_2+l_3$. Dari hasil simulasi diketahui bahwa jika panjang $S < 2.45$ cm, terjadi pengecilan lebar frekuensi sebesar 0.9 GHz dan pergeseran frekuensi resonansi sebesar 0.3 GHz. Untuk $S > 2.45$ cm tidak terjadi perubahan pada lebar frekuensi yang cukup berarti, tetapi perubahan terjadi pada frekuensi kerja sebesar 0.7 GHz lebih rendah, dimana panjang $S = 3$ cm. Sehingga panjang sisipan saluran catu dibawah patch optimal pada $S = 2.45$ cm. Panjang tersebut memberikan mekanisme kopling yang kuat kepada elemen radiasi sehingga diyakini dapat meningkatkan lebar bandwidth. Secara lengkap perubahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1.

Perubahan frekuensi kerja dan bandwidth terhadap panjang S.

Panjang S (cm)	Frekuensi kerja (GHz)	Bandwidth (GHz)
2.7	5.25	1.68
3	4.40	1.83
2.2	5.31	1.34
1.95	5.35	0.87

Sedangkan nilai l_1 berdampak pada lebar bandwidth antenna, tanpa mempengaruhi frekuensi kerja secara signifikan. Terutama pada lebar stub berbentuk garpu lebih besar dari 2 cm, sehingga didapatkan lebar frekuensi yang optimal pada lebar sebesar 1.75 cm. Dalam hal ini lebar bandwidth dapat dihasilkan secara signifikan oleh kedua stub yang berbentuk garpu dengan lebar tertentu. Pada simulasi juga dilakukan perubahan lebar l_3

Tabel 2.
Perubahan frekuensi kerja dan bandwidth terhadap lebar l_1

Lebar l_1 (cm)	Frekuensi kerja (GHz)	Bandwidth (GHz)
1.5	5.25	1.34
1.25	5.38	0.92
2.25	5.35	1.7
2.5	5.26	1.7

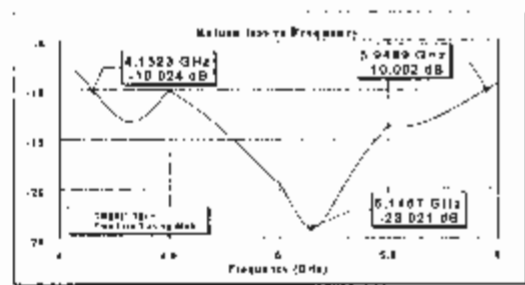
terhadap bandwidth dan frekuensi kerja. Didapat hasil bahwa semakin besar nilai l_1 (> 0.45 cm), maka semakin kecil bandwidth yang didapat, sedangkan pada frekuensi kerja tidak terjadi perubahan yang signifikan (lihat Tabel 2).

Terakhir perubahan yang terjadi juga dipengaruhi oleh jarak d_s antara stub dan pinggir patch. Perubahan posisi stub sangat berpengaruh kepada bandwidth dan frekuensi resonansi, dimana untuk d_s mendekati pinggir patch cenderung akan menaikkan frekuensi kerja dan sebaliknya akan menurunkan ke frekuensi kerja yang lebih rendah (lihat Tabel 3).

Sehingga untuk mendapatkan frekuensi kerja pada 5.1 GHz dan lebar-pita sebesar 1.79 GHz adalah pada posisi $d_s = 1.75$ cm. Sehingga dari semua perubahan tersebut didapat lebar bandwidth yang optimal seperti pada Gambar 3, yaitu antara 4.1 GHz sampai 5.9 GHz (1.8 GHz) pada frekuensi kerja 5.1 GHz dengan geometri antenna ; $l_1=1.75$ cm, $l_2=2$ cm, $l_3=0.45$ cm, $d_s=1.75$ cm, $l_s=0.48$ cm, $w_f=0.25$ cm, $W=4$ cm dan $l=3.9$ cm.

Tabel 3.
Perubahan frekuensi kerja dan bandwidth terhadap jarak d_s

Jarak d_s (cm)	Frekuensi kerja (GHz)	Bandwidth (GHz)
1.5	5.33	1.4
1.25	5.9	1.7
2	4.4	1.59
2.25	4.50	1.63

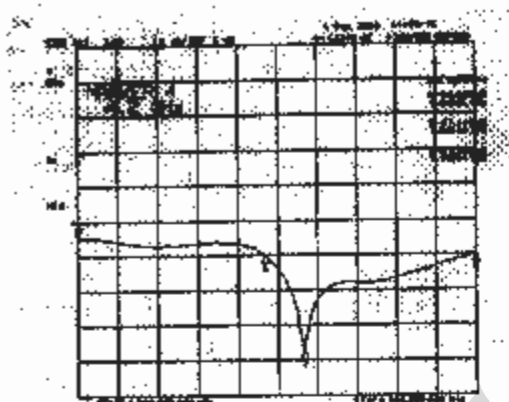


Gambar 3.
Hasil simulasi return loss (dB) terhadap frekuensi (GHz) antenna perancangan.

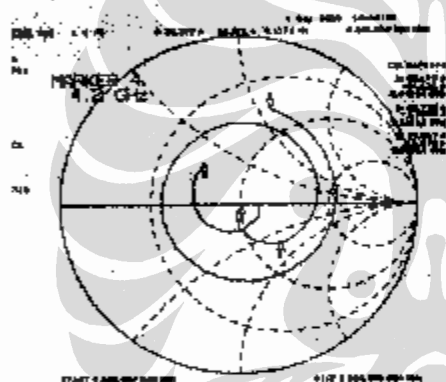
3. Hasil Pengukuran dan Pembahasan

Kemudian dari hasil simulasi dilakukan pembuatan antenna dengan ukuran seperti terlihat pada gambar 1 untuk dilakukan pengukuran. Untuk mengetahui parameter bandwidth dan impedansi masukan dilakukan pengukuran pada spectrum analyzer untuk antenna perancangan pada kutub tunggal (S_{11}). Kalibrasi dilakukan sebelum pengukuran antenna dimulai dan setiap kali penggantian frekuensi. Kalibrasi dilakukan dengan mengukur dan mengeset impedansi dari beban (beban yang sudah diketahui besarnya). Beban yang digunakan untuk kalibrasi adalah beban terbuka, beban hubung singkat, dan beban 50 ohm.

Kalibrasi dilakukan dengan mengeset titik impedansi pada smithchart. Untuk beban 50Ω impedansi berada pada titik pusat lingkaran diagram smith, yang menunjukkan bahwa impedansi karakteristik, Z_0 , dari saluran adalah 50Ω. Untuk beban hubung singkat, nilai impedansinya adalah nol ($Z=0$) sehingga titik impedansi berada pada sisi ujung sebelah kiri lingkaran diagram Smith. Sedangkan untuk beban terbuka adalah sebaliknya. Sedangkan pengukuran bandwidth antenna dinyatakan dalam bentuk lebar pita frekuensi yang dibatasi oleh return loss sebesar -10 dB. Jadi penjumlahan bandwidth adalah selisih antara frekuensi akhir dan frekuensi awal dalam satuan GHz. Hasil pengukuran bandwidth dan impedansi masukan antenna rancang bangun dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4.
Hasil pengukuran *return loss* (dB)
terhadap frekuensi (GHz) antenna perancangan



Gambar 5.
Plot *Smith Chart* untuk melihat impedansi
masukan pada antenna *proximity coupling*

Dari hasil pengukuran didapat *bandwidth* antenna sebesar 0.98 GHz pada frekuensi kerja 5.2 GHz. Sehingga terdapat selisih perbedaan *bandwidth* (0.81 GHz) dan frekuensi kerja (0.1 GHz) antara hasil perancangan dengan pengukuran pada antenna ini. Hal ini disebabkan karena adanya perubahan panjang stub d_s dan panjang bentuk garpu saluran catu (l_1, l_2, l_3) pada saat pembuatan antenna yang tidak dapat dihindari mengingat sangat kecilnya ukuran tersebut. Hasil pengukuran impedansi masukan menunjukkan 50.7 Ohm pada posisi frekuensi 5.2 GHz, sehingga didapat kondisi penyesuaian impedansi antara

saluran mikrostrip dan elemen radiator antenna pada frekuensi tersebut.

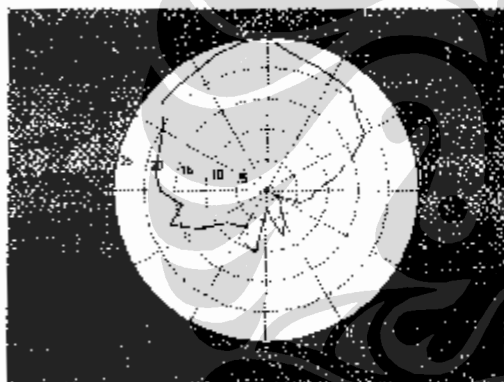
Bentuk garpu dan batang yang terhubung secara *shunt* (Gambar 1) pada dasarnya merupakan suatu bentuk jaringan penyesuaian antara karakteristik impedansi saluran (50 Ohm) dengan impedansi radiator (*patch*). Dengan jaringan penyesuaian tersebut diperoleh kondisi penyesuaian yang optimal pada jarak frekuensi yang lebar yaitu antara 5.0 GHz sampai 5.98 GHz. Karena impedansi karakteristik dari saluran transmisi adalah nyata dimana elemen antenna kompleks kondisi penyesuaian ini dicapai oleh *stub*. Saluran mikrostrip berbentuk garpu dihubung secara *shunt* dengan *stub* pendek. Dengan mengasumsikan karakteristik impedansi riil, panjang d_s (Gambar 2) di kontrol untuk membuat bagian riil impedansi antenna sama terhadap impedansi karakteristik. Panjang l_s saluran *shunt* diubah-ubah sampai *susceptance stub* sama dalam magnitudo tetapi berlawanan dalam phasa pada saluran masukan *susceptance* pada titik hubungan elemen saluran transmisi. Maka teknik perancangan pada *patch* model *proximity coupling* menggunakan *multi tuning stub* pada saluran catunya sangat efektif untuk meningkatkan impedansi *bandwidth*. Teknik perancangan yang kami usulkan ini dapat pula digunakan dalam daerah frekuensi yang lain untuk menghasilkan antenna *wideband*.

Sedangkan untuk pengukuran *gain* antenna dilakukan pada frekuensi resonansi yang sama pada antenna rancangan dan acuan yang identik yaitu 5.2 GHz. Hasil pengukuran dihitung dengan menggunakan persamaan (1) dan pada jarak 1 meter. Diperoleh daya penerima $P_r = 21.9 \mu\text{W}$ dan daya pengirim $P_t = 13.4 \text{ mW}$, sehingga dari perhitungan di dapat *gain* antenna (G_r) sebagai berikut [8]:

$$(G_r)_{dB} = (G_r)_{dB} = \frac{1}{2} \left[20 \log \left(\frac{4\pi R}{\lambda} \right) + 10 \log \left(\frac{P_r}{P_t} \right) \right]$$

$$(G_r)_{dB} = (G_r)_{dB} = \frac{1}{2} \left[20 \log \left(\frac{4\pi \cdot 1}{5.96 \cdot 10^2} \right) + 10 \log \left(\frac{21.9 \cdot 10^{-6}}{13.4 \cdot 10^{-3}} \right) \right] = 9.30 \text{ dB}$$

Pengukuran pola radiasi dilakukan pada frekuensi 5.2 GHz yaitu frekuensi resonansi *patch* dengan menggunakan alat ukur *spectrum analyzer* dan *network analyzer*. Bentuk pola radiasi dalam diagram polar dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7. Dalam pengukuran ini dilakukan dengan jarak pisah antara antena pemancar dan penerima sebesar 1 meter. Jarak pisah ini merupakan jarak yang cukup untuk mengukur medan jauh pada pengukuran pola radiasi antena perancangan. Pengukuran pola radiasi ini dilakukan variasi sudut penerimaan antena penerima dari 0° hingga 360° untuk bidang-E dan bidang-H antena. Dimana pengukuran masing-masing medan dilakukan sebanyak tiga kali. Kemudian diambil harga rata-rata tersebut dan dimasukkan ke dalam program MATLAB untuk mendapatkan diagram pola radiasi.

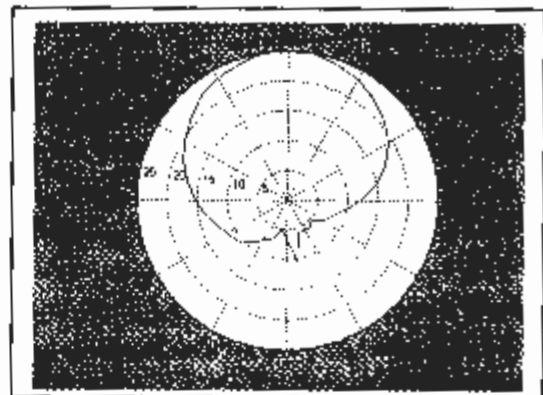


Gambar 6.

Pola radiasi medan E antena perancangan

Dari data pengukuran pola radiasi medan E didapat bahwa penurunan level -3 dB berada pada sudut 50° dan sudut 320° , sehingga lebar berkas (*beamwidth*) antena perancangan adalah sebesar 70° . Terdapat dua *side lobe*, dimana level maksimal yaitu terjadi pada sudut 170° yang besarnya adalah 10 dB relatif terhadap level *main lobe* yang 0 dB.

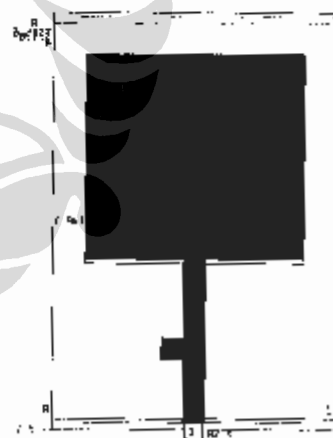
Dari data pengukuran pola radiasi medan H didapat bahwa penurunan level -3 dB berada pada sudut 40° dan sudut 340° , sehingga lebar berkas (*beamwidth*) antena perancangan adalah sebesar 80° . Sedangkan level *side lobe* tidak terjadi.



Gambar 7.

Pola radiasi medan H antena perancangan.

Dari hasil pola radiasi tersebut mempunyai bidang polarisasi yang sama dan pola radiasinya *broadside*. Pada bidang H, level polarisasi-silang (*crosspolarization*) lebih rendah dibandingkan dengan level *co-polarization* sebesar -15 dB. Sedangkan pada bidang E *crosspolarization* sebesar -25 dB lebih rendah dari level *co-polarization*.



Gambar 8.

Distribusi arus antena perancangan

Gambar 8 memberikan visualisasi distribusi arus pada permukaan *patch*, dimana warna merah mengindikasikan magnetude yang lebih tinggi dan warna biru untuk magnetude yang lebih rendah. Pada gambar tersebut terlihat bahwa besarnya radiasi maksimum terletak sepanjang bentuk garpu

dan sekaligus menggambarkan sisi elemen peradiasi (*radiating edge*) yaitu pada sisi lebar menuju sumbu Y. Sehingga efek kopling yang berfungsi untuk meningkatkan bandwidth sangat dipengaruhi oleh panjang l_1 , l_2 , l_3 .

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dilakukan rancang bangun *patch* antena *proximity coupling* yang dicatu saluran mikrostrip berbentuk garpu ditambah *stub* pada frekuensi 5.2 GHz untuk meningkatkan lebar-pita antena. Dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa bandwidth terhadap $VSWR \leq 2$ pada antena perancangan mencapai 0.98 GHz.

Gain yang dihasilkan sebesar 9.3 dB, dimana nilai tersebut sudah diatas rata-rata gain antena mikrostrip yaitu 5-6 dB. Sehingga hasil rancang bangun tersebut dapat dikembangkan pada beberapa aplikasi perangkat telekomunikasi.

Daftar Acuan

1. Jia Yi SZE and Kin-Lu WONG, "Bandwidth Enhancement of A Printed Wide Slot Antenna Fed By A Microstripline With A Fork-Like Tuning Stub," Proceeding of ISAP, pp. 1159-1161, Fukuoka, Japan
2. D.S. Hernandez and Ian D. Robertson, "A Survey of Broadband Microstrip Patch Antenna," <http://stewks.ece.stevenste.ch.edu/EE683/TechArticles/mwjoumal/Articles14/surPatch.html>. September 1996.
3. Max Ammann, "Design of Rectangular Microstrip patch Antennas for the 2.4 GHz Band," Dublin Institute of Technology, <http://www.engtip.com/quiewthrend.cfm/lev2/11/lev3/247/qid/46930>.
4. Gregory M. Swick, "An electromagnetically Coupled Variable Position Feedline Within A Two Layer Microstrip Antenna," <http://www.technology.niagarac.on.ca/people/gswick/emcpatch.doc>.
5. D.M. Pozar and B. Kaufman, "Increasing the Bandwidth of a Microstrip Antenna by Proximity Coupling," *Electronics letter*, vol 23, no. 8, pp. 368-369, April 1987.
6. Kwok L. Chung and Ananda S. Mohan, "A Broadband Single-Fed Electromagnetically Coupled Patch Antenna for Circular Polarisation," Faculty of Engineering, Telecommunication Group Cooperative Research Centre for Satellite Systems University of Technology Sydney, 1 Broadway, Sydney, NSW 2007, Australia. <http://www.ips.gov.au/IPSHosted/NCRS/wars/wars20002/proceeding/comm-b/print/chung.pdf>.
7. S.D. Targonski, R.B. Waterhouse, and D. M. Pozar, "Design of Wide-Band Aperture-Stacked Patch Microstrip Antennas," *IEEE Trans. On Antenna and Propagation*, vol., 46, NO. 9, September 1998.
8. Hirasawa, Kazuhiro, and Misao Hancishi, "Analysis, Design, and Measurement of Small and Low-Profile Antennas", Artech House, Massachusetts, 1992.