

DESAIN SMART ANTENA MENGGUNAKAN METODE *PHASE ARRAY* UNTUK APLIKASI WLAN 2,4 GHz

Oleh : Yenniwarti Rafsyam¹, Nuhung Suleman², Jonifan³

^(1,2) Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta (PNJ).

Jln. Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kampus UI Depok. Telepon. (021) 7863534

⁽³⁾ Staf Pengajar Universitas Gunadarma Jakarta.

Jl. Margonda Raya No. 100 Pondok Cina. Depok

Abstrak

Pada penelitian ini dikembangkan smart antena yang mampu memutar pola radiasi antena tanpa menggunakan motor tambahan. Pemutaran pola radiasi ini diusulkan menggunakan teknik *phase array*. Teknik *phase array* yaitu sebuah metode yang mampu mengubah *phase* dari sinyal yang berakibat pada perubahan pola radiasi antena. Pada penelitian ini digunakan sebuah antena yang diberi tambahan butler matrik yang mampu mengaplikasikan *switching-beam* dengan teknik *phase array* sehingga dapat mengatur *beam* sesuai yang diinginkan. Butler matriks ini bekerja pada frekuensi 2,4 GHz. Butler matriks ini berfungsi sebagai pengubah fasa dan pembagi daya. Hasil simulasi menunjukkan bahwa keluaran memiliki *power* yang tersebar merata dengan fasa pada masing-masing portnya sebesar 0°, 44°, -90°, dan 135°. Sementara itu, nilai S_{11} kurang dari -10 dB pada masing-masing port. Sementara itu, efisiensi antena diperoleh lebih dari 72 % dengan *gain* lebih dari 8 dBi. Sementara pengarahannya berada pada 2°, -20°, 6° dan -7°.

Kata Kunci: Smart antena, pola radiasi, *phase array*, interferensi.

1. Pendahuluan

Pada era konvergensi saat ini dibutuhkan *customer premise equipments* (CPEs) yang mampu bekerja secara optimal, diantaranya yaitu peningkatan efisiensi penggunaan pola radiasi (*beam*) antena. Peningkatan efisiensi pola radiasi antena dapat dilakukan dengan menggunakan *smart antena*.

Smart antena didefinisikan sebagai antena array yang menyesuaikan *beam* dengan lingkungan (kebutuhan) seperti yang dikemukakan oleh Ya-Chung Yu and Jenn-Hwan Tarng (2009). Pola radiasi dari antena mencerminkan pola pengarahannya *power* dari antena tersebut seperti yang dikatakan oleh Keon-Myung Lee, (2008). Apabila sebuah antena pemancar, memancarkan radiasi ke antena penerima dengan *beam* yang tidak optimum maka mencerminkan rendahnya tingkat efisiensi dan cakupan (*coverage*) antena tersebut. Hal ini disebabkan terdapat *power* yang terbuang secara percuma karena pola radiasi yang salah yang dikemukakan oleh Keon-Myung Lee, (2008) dan Romeu, J. Soler, J (2010). *Smart antena* terbagi menjadi dua klasifikasi seperti yang dikemukakan oleh Manoj, J. (2005) sebagai berikut :

- a. *phased array* atau *multibeam* antena, terdiri atas beberapa *fix beam* yang memiliki arah tertentu dan dapat dipilih mana saja yang akan diaktifkan,
- b. *adaptive antenna array*, adalah sebuah antena array yang dapat menerima sinyal secara bersamaan untuk kemudian dikombinasikan yang dapat memaksimalkan nilai *signal to interference and noise ratio* (SINR). Artinya bahwa main lobe antena selalu berada pada pancaran utamanya, oleh Kin-Lu Wong. (2006).

Pada penelitian ini, akan dikembangkan *smart antena* yang mampu memutar pola radiasi antena tanpa menggunakan motor tambahan. Pemutaran pola radiasi ini diusulkan menggunakan teknik *phase array*. Teknik *phase array* yaitu sebuah metode yang mampu mengubah *phase* dari sinyal yang berakibat pada perubahan pola radiasi antena. Dengan kata lain pemutaran pola radiasi ini menggunakan manipulasi secara elektrik, sehingga akan lebih sederhana dan lebih efisien dibandingkan pemutaran secara mekanik. Karena tidak membutuhkan motor sebagai tambahan seperti yang diusulkan oleh Elhefnawy, M. Ismail, W (2009). Di masa depan, *smart*

antena pada CPE akan banyak menggunakan teknik *phase array*, sehingga power radiasi lebih efisien yang berakibat pada peningkatan umur baterai dan menurunkan interferensi.

Tujuan khusus pada penelitian ini yaitu menghasilkan desain *smart antenna* menggunakan teknik *phase array* untuk bekerja pada frekuensi 2,4 GHz yang merupakan alokasi frekuensi WLAN. Batasan masalah penelitian ini yaitu, antenna ini diharapkan memiliki nilai *return loss* < -10 dB. Sehingga memiliki *koefisien refleksi* yang rendah. Parameter kinerja yang dirancang secara lebih lengkap meliputi :

- a. frekuensi kerja : 2,4 GHz
- b. frekuensi tengah : 2,45 GHz
- c. *Return Loss* : < -10 dB
- d. VSWR : 1,0 – 2

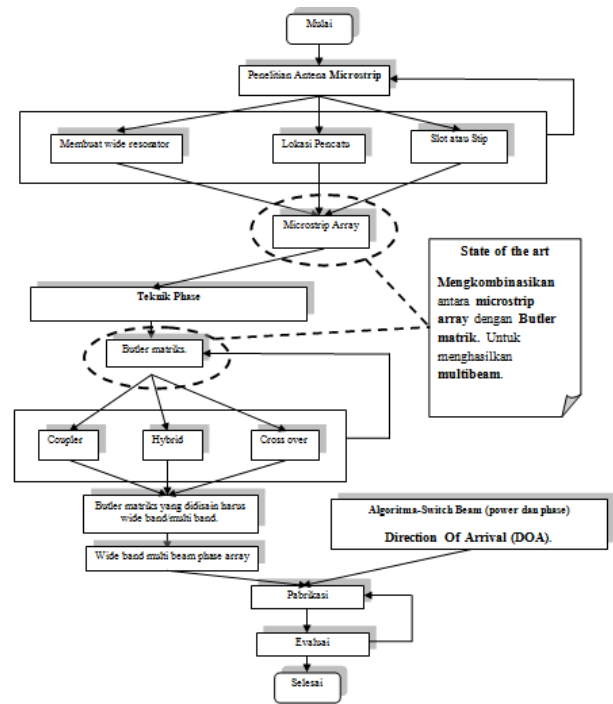
Keutamaan penelitian ini yaitu dihasilkan desain *smart antenna* yang sederhana namun mampu memutar pola radiasi antenna ke banyak arah tanpa ditambahkan motor pemutar, sehingga lebih efisien dan lebih *compact*.

2. Metode Penelitian

Sementara itu, perancangan antenna terbagi menjadi tiga tahapan seperti terlihat pada Gambar 1, pertama perancangan mikrostrip antenna, kedua perancangan *mikrostrip butler matriks*, dan ketiga pengintegrasian antenna mikrostrip dengan *multibeam butler matriks*. Tahapannya adalah sebagai berikut.

a. Perancangan mikrostrip antenna.

Pada algoritma ini akan dijelaskan terlebih dahulu spesifikasi antenna yang akan dibuat, termasuk jenis antenna berupa antenna mikrostrip *array* yang dapat menghasilkan *wideband*. Dapat menggunakan *mutual coupling* sehingga terbangkitkan band yang lebar. Perhitungan nilai bandwidth yaitu saat nilai *return loss* kurang dari -10 dB.



Gambar 1. Tahapan perancangan

b. Perancangan mikrostrip butler-matriks.

Agar dapat bekerja pada frekuensi lebar, maka *butler matriks* yang digunakan harus dapat bekerja pada frekuensi lebar, hal ini dapat dilakukan dengan memodifikasi *butler matriks* tersebut.

c. Pengintegrasian antenna dengan butler-matriks

Apabila telah dilakukan perancangan antenna dan *butler matriks* maka hal selanjutnya adalah pengintegrasikan kedua komponen tersebut untuk melihat perubahan yang terjadi, untuk kemudian di pabrikan dan dievaluasi.

Secara tidak langsung pola radiasi dapat berubah dengan berubahnya fasa (α), dan hal ini sesuai dengan persamaan yang diusulkan oleh Bialkowski (2008).

$$AF(\theta, \varphi) = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M I_{mn} e^{j(\beta r - r_{mn} + \alpha)} \quad (1)$$

Dimana :

$$r_{mn} = x'_{mn} \hat{x} + y'_{mn} \hat{y} + z'_{mn} \hat{z}$$

$$(\theta, \varphi), u = \sin \theta \cos \varphi$$

$$u = \sin \theta \sin \varphi$$

$$u = \cos \theta$$

$$\beta = 2\pi / \lambda$$

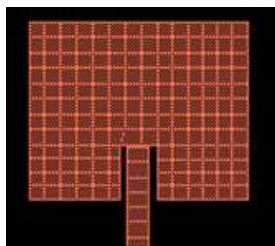
Dari persamaan terlihat bahwa :
 β = konstanta propagasi,
 I_{nm} = Magnitude.
 α = fasa.

3. Perancangan Sistem

Penelitian ini memiliki beberapa tahapan utama diantara meliputi.

a. Perancangan mikrostrip antenna

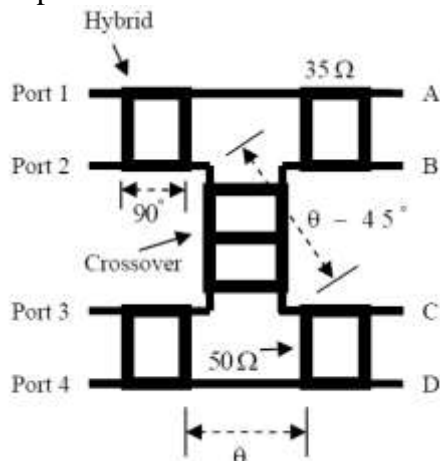
Pada perancangan pertama kali yaitu dilakukan perancangan antenna mikrostrip *single patch*. Hasil perancangan antena *single patch* seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Antena *Single Patch* Mikrostrip

b. Perancangan mikrostrip butler-matriks

Pada perancangan *butler matriks* ini yang dilakukan adalah menentukan dimensi *butler matriks* 4x4 yang memiliki spesifikasi frekuensi tengah sebesar 2,45 GHz. Untuk menentukan dimensi dan merancang *butler matriks*, digunakan aplikasi piranti lunak (*software application*) yang digunakan khusus untuk perancangan pada bidang *microwave*. Rangkaian utama *butler matriks* terdiri atas 4 buah *hybrid coupler* dan 2 buah *cross over*. Seperti terlihat pada Gambar 3.



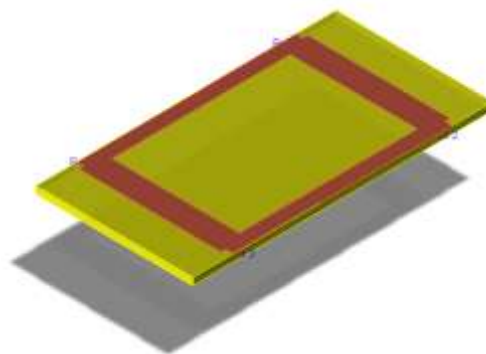
Gambar 3. Struktur 4 x 4 *butler matriks*

Hybrid Coupler

Nilai *scattering* matriks dari *hybrid coupler* memenuhi persamaan berikut ini.

$$[S]_{Hybrid} = -\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 & j & 1 & 0 \\ j & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & j \\ 0 & 1 & j & 0 \end{bmatrix} \tag{2}$$

Sementara itu, hasil perancangan *hybrid coupler* terlihat seperti pada Gambar 4.



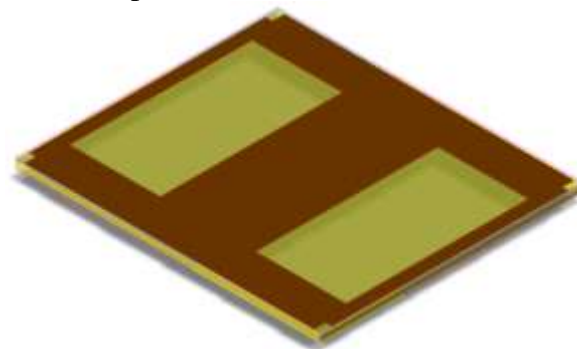
Gambar 4. Desain *hybrid coupler*

Cross Over

Nilai *scattering* matriks dari *cross over* memenuhi persamaan berikut ini, oleh Ivica Stevanović, Anja Skrivervik dan Juan R. Mosig.

$$[S]_{Crossover} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & j & 0 \\ 0 & 0 & 0 & j \\ j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & j & 0 & 0 \end{bmatrix} \tag{3}$$

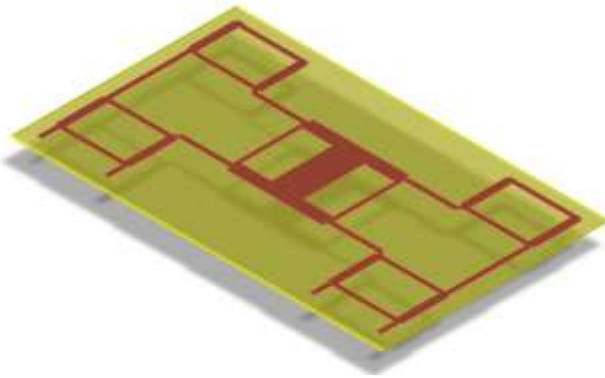
Sementara itu, hasil perancangan *cross over* terlihat seperti Gambar 5.



Gambar 5. Desain *cross over*

Butler Matriks

Sementara itu hasil perancangan *butler matriks* terlihat pada Gambar 6.

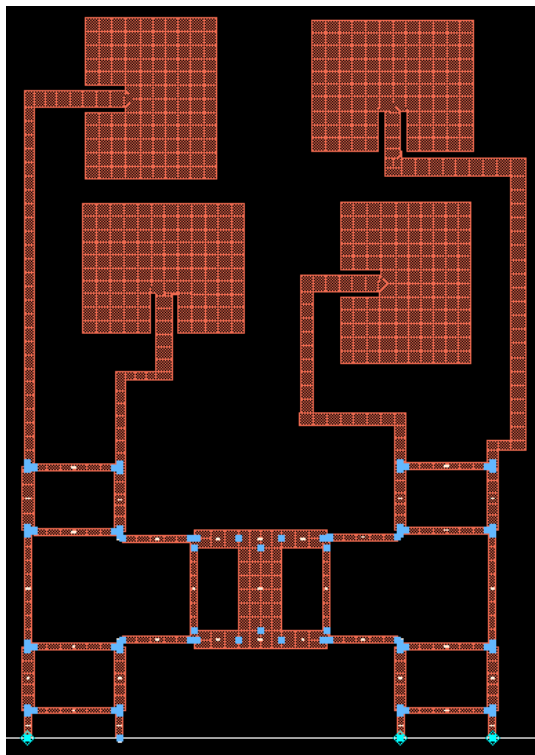


Gambar 6. Desain lengkap *butler matriks*

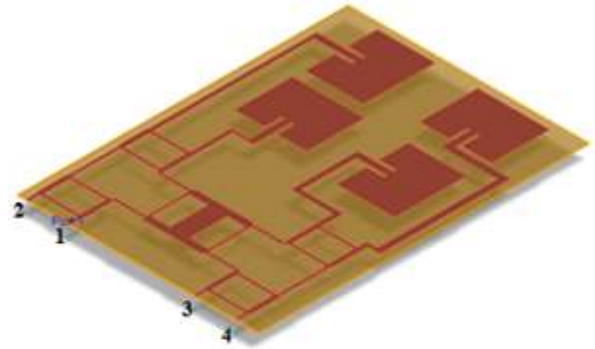
Tahapan terakhir yaitu pengintegrasian antenna dengan *butler-matriks*, seperti terlihat pada Gambar 7.

4. Hasil dan Pembahasan

Perancangan antenna array yang dikombinasikan dengan *butler matriks*. Seperti terlihat pada Gambar 7 dan 8.

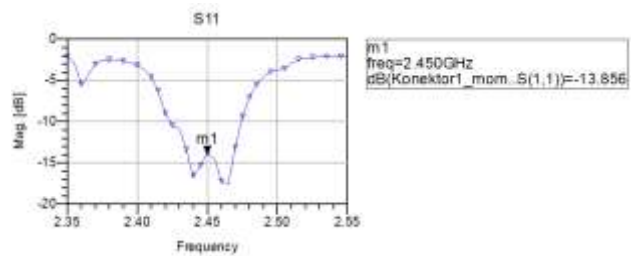


Gambar 7. Antena array dengan *Butler Matriks*



Gambar 8. Rangkaian PCB Antena array dengan *Butler Matriks*

Apabila dicatu pada *port 1*, maka akan menghasilkan nilai *return loss* S_{11} dari masing *port 1* seperti terlihat pada Gambar 9, dimana nilai S_{11} pada frekuensi 2,45 GHz memiliki *return loss* kurang dari -10 dB.



Gambar 9. Nilai S_{11} pada *port 1*

Pada *port 1* nilai *return loss* S_{11} telah sesuai spesifikasi kurang dari -10 dB yaitu sebesar -13,85 dB. Rendahnya nilai ini mencerminkan bahwa *power* yang terpantulkan kecil, sehingga nilai *power* yang masuk besar. Batasan *power* yang dipantulkan minimal -10dB. Semakin negatif (kecil) nilai S_{11} maka kinerja perangkat tersebut semakin baik. Selain itu, apabila *port 1* diberi *power* maka akan menghasilkan arah pola radiasi terlihat pada Gambar 10.

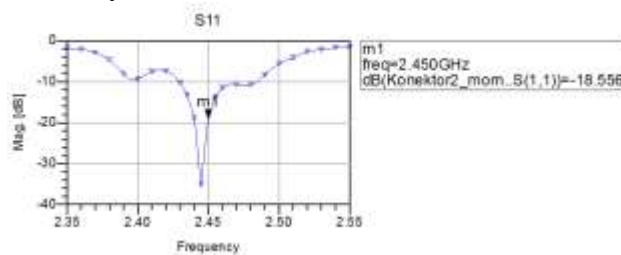


Gambar 10. Arah radiasi antenna pada *port 1*

Apabila pada *port 1* antenna tersebut dicatu dengan *power*, maka *power* radiasinya akan mengarah pada sudut 2° . Arah ini menunjukkan pancaran *power* yang paling maksimum berada pada sudut 2° pada titik vertikal.

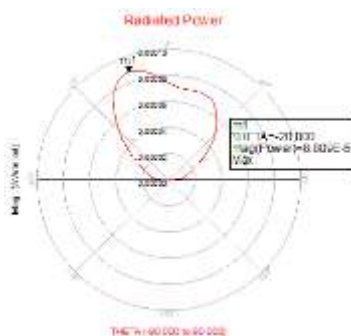
Analisa selanjutnya yaitu melihat kondisi dan karakter apabila *power* dicatu pada *port 2*. Nilai *return loss* S_{11} dari *port 2* seperti terlihat pada Gambar 11, dimana nilai S_{11} pada frekuensi 2,45 GHz sebesar kurang dari -10 dB.

Nilai ini *return loss* S_{11} ini telah sesuai spesifikasi kurang dari -10 dB yaitu sebesar -18,55 dB. Hal ini mencerminkan, bahwa antenna ini apabila dicatu pada *port 2* dengan frekuensi 2,45 GHz telah bekerja sehingga dapat di analisa arah pola radiasinya.



Gambar 11. Nilai S_{11} pada port 2

Arah pola radiasi apabila *power* dicatu pada *port 2* terlihat pada Gambar 12.

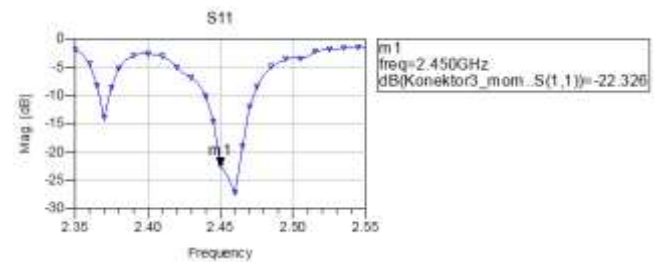


Gambar 12. Arah radiasi antenna pada *port 2*

Apabila pada *port 2* antenna tersebut dicatu dengan *power*, maka *power* radiasinya akan mengarah pada sudut -20° . Hal ini menunjukkan perubahan arah *power* utama radiasi dari 2° ke -20° . Sehingga menunjukkan bahwa perubahan lokasi

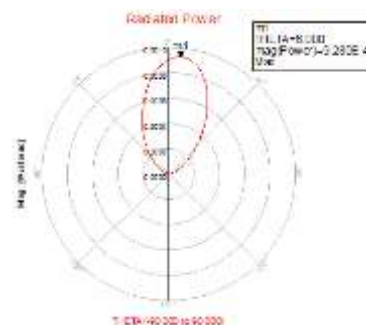
pencatu dari *port 1* ke *port 2* akan merubah arah *power* radiasi sebesar 22° . Hal ini menunjukkan bahwa antenna ini dapat berubah arah radiasinya tanpa dilakukan pemutaran antenna secara fisik (mempergunakan motor) tetapi cukup dilakukan menggunakan *switch* yang merubah catu dari *port 1* ke *port 2*.

Tahapan selanjutnya yaitu menganalisa nilai *return loss* dan arah radiasi apabila antenna dicatu pada *port 3*. Nilai *return loss* S_{11} dari *port 3* terlihat pada Gambar 13, dimana nilai S_{11} pada frekuensi 2,45 GHz. Batasan *power* yang dipantulkan minimal -10dB. Semakin negatif (kecil) nilai S_{11} maka kinerja perangkat tersebut semakin baik.



Gambar 13. Nilai S_{11} pada *port 3*

Pada *port 3* nilai *return loss* S_{11} telah sesuai spesifikasi yaitu kurang dari -10 dB yaitu sebesar -22,3 dB. Tahapan selanjutnya yaitu menganalisa perubahan pola radiasi nya. Arah pola radiasinya terlihat pada Gambar 14.

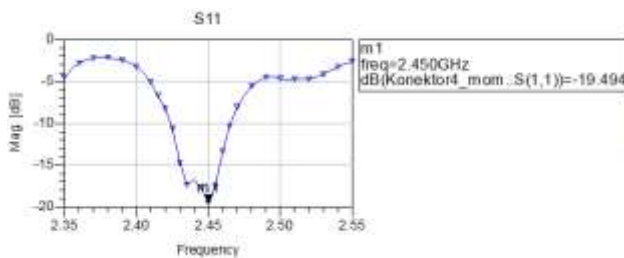


Gambar 14. Arah radiasi antenna pada *port 3*

Apabila pada *port 3* dicatu dengan *power*, maka *power* radiasinya akan mengarah pada sudut 6° . Sehingga terdapat perubahan arah pola radiasi dari -20° ke arah 6° . Hal

ini menunjukkan perubahan pola sebesar 26°. Ini memberikan pembuktian bahwa menggunakan metoda *butler matrik* akan merubah fasa sekaligus akan memberikan perubahan arah radiasi.

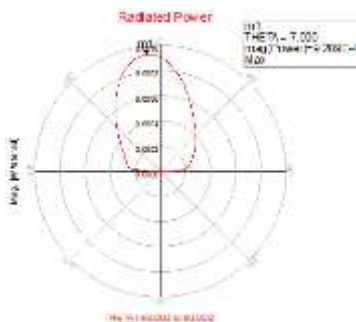
Tahapan terakhir yaitu menganalisa *return loss* dan arah pola radiasi apabila antenna tersebut dicatu pada *port 4*. Nilai *return loss* S_{11} pada *port 4* seperti terlihat pada Gambar 15, dimana nilai S_{11} pada frekuensi 2,45 GHz.



Gambar 15. Nilai S_{11} pada *port 4*

Pada *port 4* nilai *return loss* S_{11} telah sesuai spesifikasi kurang dari -10 dB yaitu sebesar -19,49 dB. Nilai ini mencerminkan bahwa *power* yang terpantulkan kecil, sehingga nilai *power* yang masuk untuk di radiasikan antenna besar.

Apabila dicatu pada *port 4* maka akan menghasilkan arah pola radiasi pada sudut -7° seperti terlihat pada Gambar 16. Perubahan dari 6° ke -7° yaitu sebesar 13°.



Gambar 16. Arah radiasi antenna pada *port 4*

Hasil perancangan lebih lengkap seperti ditunjukkan pada Tabel 1, secara keseluruhan hasil telah memenuhi spesifikasi yang diharapkan. Selain itu, pada hasil simulasi juga ditunjukkan bahwa

efisiensi antenna ini sebesar 72% dengan gain 8 dBi .

Tabel 1. Hasil rancangan smart antenna

Karakteristik	Tujuan	Port (Konektor)			
		Port 1	Port 2	Port 3	Port 4
Frekuensi tengah	2,45 GHz	2,45 GHz	2,45 GHz	2,45 GHz	2,45 GHz
Return loss	< -10 dB	-13,85 dB	-18,55 dB	-22,32 dB	-19,49 dB
Beam antenna (pancaran radiasi)	Berbeda antar port	2°	-20°	6°	-7°

Hasil perancangan menunjukkan bahwa antenna yang dihasilkan mampu bekerja secara *multibeam* dengan menggunakan *butler matriks*.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Multibeam* dapat dihasilkan dengan **mengkombinasikan** antara **antenna mikrostrip array** dengan *butler matriks* dengan mengaplikasikan teknik *phase array* sehingga mampu menjadi sebuah antenna yang *smart* karena dapat mengatur *beam* sesuai yang diinginkan.
- Hasil simulasi menunjukkan bahwa keluaran memiliki *power* yang tersebar merata dengan fasa pada masing-masing *port* nya sebesar 0°, 44°, -90°, dan 135°.

5.2 Saran-saran

Saran dari hasil dan pembahasab penelitian ini adalah perlu dilakukan penelitian lanjut tentang bagaimana *gain* pada antenna dapat ditingkatkan lagi dengan menggunakan parastik.

DAFTAR PUSTAKA

- Bialkowski, *Design of fully integrated 4x4 and 8x8 butler matrices in microstrip/slot technology for Smart Antennas*, 2008, Antennas and Propagation Society International Symposium, AP-S IEEE S-11.
- Elhefnawy, M. Ismail, W, *A Microstrip Antenna Array for Indoor Wireless*

- Dynamic Environments, IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. Vol : 57. Pp : 3998 – 4002, 2009.
- Keon-Myung Lee, *A triangular microstrip patch antenna for multi-band applications Microwave Conference*, 2008, APMC 2008, Asia-Pacific. pp 1 – 4. 2008.
- Kin-Lu Won, *A low-profile planar monopole antenna for wideband operation of mobile handsets, IEEE Transactions on Antennas and Propagation* vol. 51 pp 121 – 125, 2006.
- Manoj, J, *Compact planar wideband antenna” Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 1B . pp : 471 – 474, 2005.
- Romeu, J. Soler, J. *Generalized Sierpinski fractal wideband antenna” Journal IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 49 pp. 1237 – 1239. 2010.
- Ya-Chung Yu and Jenn-Hwan Tarng, *A Novel Modified Wideband Planar Inverted-F Antenna, Journal IEEE Antennas And Wireless Propagation Letters*, vol.8, pp 189-192. April 2009.