

ANALISIS PENGARUH DISTRIBUSI ARUS DOLPH-TCHEBYSCHIEFF TERHADAP POLA RADIASI SUSUNAN ANTENA MIKROSTRIP REKTANGULAR PADA FREKUENSI X-BAND

(THE ANALYSIS OF DOLPH-TCHEBYSCHIEFF CURRENT DISTRIBUTION EFFECT ON RADIATION PATTERN OF RECTANGULAR MICROSTRIP ARRAY ANTENA WITHIN X-BAND FREQUENCY)

Pauzul Kamilah Purnomo Putri¹, Budi Syihabuddin², Agus Dwi Prasetyo³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹fauzulkm1@student.telkomuniversity.ac.id, ²budisyihab@telkomuniversity.ac.id,
³adprasetyo@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Radar X-Band dapat digunakan untuk mendeteksi target dengan memancarkan sinyal *echo* yang selanjutnya dipantulkan kembali oleh objek. Untuk mengirimkan sinyal *echo* diperlukan pola radiasi yang sesuai dengan dimensi objek. Sehingga, membutuhkan *beam forming* atau pembentukan pola radiasi. Untuk mendapatkan pola radiasi dapat dilakukan dengan cara mengubah distribusi arus catuan baik amplitudo ataupun fasa.

Pada penelitian ini menerapkan distribusi arus Dolph-Tchebyscheff pada antenna mikrostrip dengan patch rektangular berjumlah empat hingga sepuluh yang disusun secara linier. Pengamatan ini juga menggunakan antenna susunan isotropis sebagai referensi. Untuk mengamati perubahan karakteristik pola radiasi, hasil Dolph-Tchebyscheff juga akan dibandingkan dengan distribusi arus Uniform dan Binomial.

Tugas Akhir ini telah menganalisis antenna susunan mikrostrip 1 x 10 dengan distribusi arus Dolph-Tchebyscheff pada *Side Lobe Level* (SLL) 33 dB sebagai antenna yang dapat bekerja maksimal di frekuensi X-Band atau pada 9,50 GHz. Pada antenna ini, didapatkan medan total terbesar kedua setelah distribusi arus Binomial. Nilai medan total dari antenna tersebut adalah 223,99 volt/meter dan nilai *return loss* sebesar -12,00 dB. Selain itu, didapatkan nilai *beamwidth* sebesar 19,80°. Pola radiasi dari antenna ini juga menunjukkan arah direksional.

Kata kunci : *pola radiasi, beamwidth, return loss, Dolph-Tchebyscheff*

Abstract

The X-Band radar can be used to detect targets by emitting an echo signal which is then reflected back by the object. For transmit, echo signals required radiation patterns that match the dimensions of the object. Therefore, it requires beamforming or radiation pattern formation. To get the radiation pattern, you can do it by changing the distribution of the current supply, both amplitude, and phase.

In this study applying Dolph-Tchebyscheff's current distribution to microstrip antennas with rectangular patches totaling four to ten arranged linearly. This observation also uses an isotropic array antenna as a reference. To observe changes in the characteristics of the radiation pattern, Dolph-Tchebyscheff results will also be compared with the Uniform and Binomial current distributions.

This Final Project has analyzed a 1 x 10 microstrip array antenna with Dolph-Tchebyscheff current distribution at *Side Lobe Level* (SLL) 33 dB as an antenna that can work optimally at X-Band frequency or at 9,50 GHz. At this antenna, the second-largest total field is obtained after the Binomial current distribution. The total field value of the antenna is 223,99 volt/metre and the return loss is -12.00 dB. Also, a beamwidth value of 19,80° is obtained. The radiation pattern of this antenna also shows a directional direction.

Keywords: *radiation pattern, beamwidth, return loss, Dolph-Tchebyscheff*

1. Pendahuluan

Pembentukan pola radiasi (*beamforming*) antenna dapat dilakukan dengan cara mengubah arus catu, fasa catu, dan jarak antar antenna pada antenna susunan[1]. *Beamforming* dapat digunakan pada teknologi radar. Hal ini dapat diaplikasikan untuk aplikasi radar X-Band menggunakan desain array 6 x 33 elemen dengan distribusi arus Dolph-Tchebyscheff[2]. Selain itu, fasa array antenna untuk radar deteksi dan pelacakan *Radar Cross Section* (RCS) menggunakan frekuensi C-band planar fasa aktif dengan 14 *sub-array* menggunakan metode *beamsteering*[3]. Sistem *Synthetic Aperture Radar* (SAR) menggunakan *multiple* elevasi *beam* berdasarkan kombinasi *transmit-recvive planar* antenna dan fasa *tapering* dalam bentuk tertutup kana menghasilkan pola berkas pada *transmit* yang lebih baik untuk *noise* dan kerja ambiguitas[4].

Untuk radar *Frequency Modulated Continuous Wave* (FMWC) menyesuaikan SLL dan jarak celah udara dengan metode Dolph-Tchebyscheff untuk memodifikasi distribusi *incoming power* melalui garis transmisi di setiap *patch* memberikan hasil bahwa SLL rendah akan menghasilkan isolasi tinggi di antara TX dan RX antenna [5]. Selain itu, jarak antar *patch* juga dapat mempengaruhi karakteristik radiasi. Mengenai karakteristik radiasi pada beberapa distribusi amplituda, yaitu uniform, binomial dan Dolph-Tchebyscheff yang diaplikasikan pada antenna susunan dengan *patch* linear untuk antenna peringatan penerima radar di frekuensi kerja X-band[6].

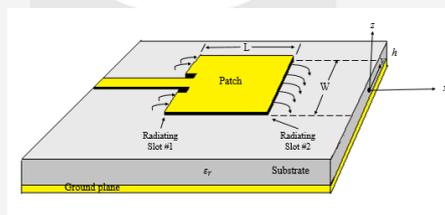
Pengubahan pola radiasi pada Tugas Akhir ini menggunakan distribusi arus Dolph-Tchebyscheff dengan SLL 15 dB hingga 33 dB dengan selisih 3 dB. Distribusi arus ini diterapkan pada antenna mikrostrip dengan *patch* rektangular array 1 x 4 hingga 1 x 10. Pengamatan ini menggunakan perbandingan dengan antenna susunan isotropis sebagai referensi. Selain itu, pada hasil akhir dari antenna mikrostrip *patch* rektangular menggunakan distribusi arus Dolph-Tchebyscheff akan dibandingkan dengan distiribusi arus Uniform dan Binomial untuk melihat pengaruh input amplituda arus pada setiap n-elemen terhadap pola radiasi.

2. Dasar Teori

2.1 Mikrostrip Antena

Mikrostrip dapat bekerja pada kinerja yang tinggi dan juga aplikasi komersial. Antena ini bersifat *low-profile*, serupa dengan permukaan planar dan non planar, sederhana dan tidak mahal untuk merealisasikan menggunakan teknologi *printed-circuit*, kuat secara mekanik dengan memasang permukaan keras, cocok dengan desain MMIC. Saat memilih bentuk *patch* dan mode tertentu, mikrostrip menjadi serba guna dengan ketentuan frekuensi resonansi, polarisasi, pola dan impedansi[1].

Kerugian dari mikrostrip adalah efisiensi yang rendah, daya yang rendah, Q yang tinggi, kejernihan polarisasi yang buruk, kinerja memindai yang buruk, radiasi *feed* yang palsu dan frekuensi bandwidth yang sangat sempit. Untuk mengatasi kerugian ini, antenna mikrostrip membutuhkan beberapa metode *feeding* dan metode analisis. Metode *feeding* yang dimaksud seperti, mikrostrip *line feed*, *probe feed*, *aperture-coupled feed*, dan *proximity-coupled feed*. Sedangkan untuk metode analisis, yaitu *transmission-line*, *cavity*, dan *full wave*[7].



Gambar 2.1. Tampilan antenna mikrostrip dari sisi atas.

Pada Gambar 2.6 antenna mikrostrip tunggal memiliki beberapa bagian seperti:

- Patch*, bagian yang terletak paling atas dari antenna yang bersifat konduktor. Berfungsi memancarkan gelombang elektromagnetik ke udara. Pada Tugas Akhir ini akan digunakan *patch* rektangular. Oleh karena itu, dibutuhkan perancangan dimensi *patch* antenna. Jika diketahui nilai f_r , ϵ_r dan kecepatan cahaya (c) = 3×10^8 m/s, maka bisa mendapatkan nilai lebar *patch* dengan perhitungan pada[7][8]

$$W = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (2.1)$$

Selanjutnya menghitung nilai panjang dari *patch* (L) dengan menentukan nilai konstanta efektif dielektrik (ϵ_{reff}), panjang efektif (L_{eff}), dan *length extension* (ΔL) terlebih dahulu dengan persamaan pada[8][9]

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (2.2)$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{\frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2}}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{w}}} \quad (2.3)$$

$$\Delta L = 0,412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8 \right)} \quad (2.4)$$

sehingga panjang dari *patch* adalah

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (2.5)$$

- b. Substrat, memiliki fungsi sebagai media penyalur gelombang elektromagnetik dari sistem pencatutan. Jenis substrat berpengaruh pada nilai parameter-parameter antenna, sedangkan ketebalan substrat mempengaruhi bandwidth dari antenna. Untuk saluran pencatu yang digunakan untuk perancangan adalah memiliki impedansi masukan sebesar atau mendekati 50Ω . Diperlukan perhitungan dimensi saluran pencatu agar mendapatkan karakteristik impedansi sebesar 50Ω dengan mencari nilai B dan w sebagai berikut

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.6)$$

$$w = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2.7)$$

- c. *Groundplane*, bagian terbawah dari lapisan antenna mikrostrip yang mempunyai fungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan. Nilai lebar *groundplane* dan panjang *groundplane* dapat diketahui melalui persamaan berikut

$$Wg \geq 6h + Wp \quad (2.8)$$

$$Lg \geq 6h + Lp \quad (2.9)$$

2.2 Distribusi Dolph-Tchebyscheff

Pada distribusi Dolph-Tchebyscheff terdapat beberapa syarat seperti distribusi amplitudo simetris berlaku pada antenna isotropis. Selain itu, saat beda fasa antar catutan elemen isotropis yang berdekatan dianggap sama dengan nol ($\delta = 0$) dan jarak spasi antar elemen isotropis (d) adalah seragam. Sehingga pada titik observasi yang jauh selisih fasa kuat medan penerimaan dari elemen berdekatan dituliskan dengan

$$\varphi = d_r \cos \phi \quad (2.10)$$

$$\varphi = d_r \sin \theta$$

dengan $d_r = \frac{2\pi}{\lambda} d$.

Penurunan medan total susunan dilakukan dengan cara referensi titik tengah susunan. Medan total untuk bilangan n ganjil dan genap digambarkan pada Gambar 2.5. Nilai konstanta A_k merupakan sesuatu yang ditentukan dengan perhitungan yang akan dilakukan. Didapatkan medan total untuk n bilangan genap sebagai berikut

$$E_{ne} = 2 \sum_{k=0}^{k=N-1} A_k \cos\left([2k+1]\frac{\varphi}{2}\right) \quad (2.11)$$

dengan n_e = jumlah elemen (genap), $N = \frac{n_e}{2}$, $k = 0, 1, 2, \dots, (N-1)$.

sedangkan pada medan total untuk bilangan n ganjil dituliskan sebagai berikut

$$E_{no} = 2 \sum_{k=0}^{k=N} A_k \cos\left([2k]\frac{\varphi}{2}\right) \quad (2.12)$$

dengan n_o = jumlah elemen (ganjil), $N = \frac{n_o-1}{2}$, $k = 0, 1, 2, \dots, N$.

2.2.1 Polinom Dolph-Tchebyscheff

Pada polinom Dolph-Tchebyscheff menggunakan Teorema de Moivre. Hal ini dituliskan pada

$$e^{jm\frac{\varphi}{2}} = \cos m\frac{\varphi}{2} + j \sin m\frac{\varphi}{2} = \left(\cos\frac{\varphi}{2} + j \sin\frac{\varphi}{2}\right)^m \quad (2.13)$$

sehingga akan didapatkan

$$\cos m\frac{\varphi}{2} = \operatorname{Re}\left(\cos\frac{\varphi}{2} + j \sin\frac{\varphi}{2}\right)^m \quad (2.14)$$

Setiap ketentuan kosinus, di mana penjelasan adalah sebuah perkalian bilangan integer dengan frekuensi dasar, dapat dituliskan sebagai sebuah rangkaian fungsi kosinus dengan frekuensi dasar sebagai penjabaran, maka akan didapatkan[7]

$$T_{n+1}(x) = 2xT_n(x) - T_{n-1}(x) \quad (2.15)$$

Untuk SLL (*Front Back to Ratio*) dalam numerik, yaitu $R > 1$ maka $x_0 > 1$ sehingga perlu penskalaan dengan $w = \frac{x}{x_0}$. Nilai x_0 diperoleh dari

$$x_0 = \frac{1}{2} \left[\left(R + \sqrt{R^2 - 1} \right)^{\frac{1}{m}} + \left(R - \sqrt{R^2 - 1} \right)^{\frac{1}{m}} \right] \quad (2.16)$$

dengan $m = n - 1$.

3. Pembahasan

3.1. Prosedur Perencanaan Distribusi Arus

Sebelum ke tahapan perancangan antenna susunan, diperlukan penentuan amplituda arus yang akan diinput ke setiap port n-elemen antenna. Amplituda arus yang didapatkan selanjutnya akan dimasukkan dalam setiap port n-elemen antenna mikrostrip. Pemilihan SLL diperlukan agar bisa merubah skala dari x ke w , dimana $w = \frac{x}{x_0} = \cos\frac{\varphi}{2}$. SLL yang digunakan adalah 15 dB, 18 dB, 21 dB, 24 dB, 27 dB, 30 dB dan 33 dB. Pada prosedur perencanaan terhadap antenna $1 \times n$ isotropis pada $d = \frac{\lambda}{2}$ diperlukan langkah-langkah perhitungan menggunakan persamaan 2.11, persamaan 2.14, persamaan 2.15 dan persamaan 2.16 untuk mendapatkan amplituda arus dengan antenna berjumlah elemen genap. Sedangkan untuk amplituda arus dengan antenna berjumlah elemen ganjil, persamaan 2.11 diganti menjadi persamaan 2.12. Setelah mendapat amplituda arus untuk setiap n-elemen antenna ganjil dan genap, setiap nilai amplitudanya dibagi dengan amplituda terbesar agar bisa mendapatkan hasil yang maksimal.

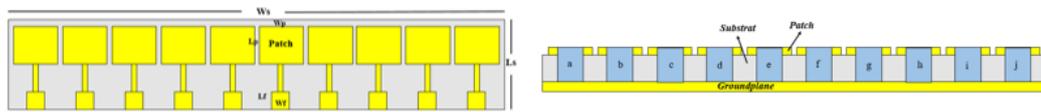
3.2 Model Antena Mikrostrip

Pada pembuatan antenna susunan mikrostrip menggunakan bahan dielektrik Duroid Rt 5880. Karakteristik dasar dari bahan elektrik tersebut adalah sebagai berikut:

- Permitivitas relatif (ϵ_r): 2,2
- Ketebalan dielektrik (h): 1,57 mm
- Ketebalan konduktor (t): 0,035 mm
- Loss tangen ($\tan \delta$): 0,0009

Amplituda arus yang didapatkan selanjutnya akan dimasukkan dalam setiap port n-elemen mikrostrip seperti pada Gambar 3.1. pada gambar tersebut merupakan gambaran antenna susunan mikrostrip 4 hingga 10 elemen. Setiap n-elemen antenna memiliki port yang akan dipotong sesuai

dengan jumlahnya dan hitung dari kiri. Contoh, antena isotropis 1 x 4 maka memiliki port a, b, c dan d. Sedangkan untuk antena isotropis 1 x 5 memiliki port a, b, c, d, dan e, berlaku seterusnya.



Gambar 3.1. Antena mikrostrip tampak atas dan depan.

Setelah merancang antena susunan mikrostrip seperti pada Gambar 3.1, diperlukan parameter dimensi antena tunggal dengan cara menggunakan persamaan 2.1 hingga persamaan 2.9. Sehingga dari persamaan-persamaan tersebut didapatkan nilai parameter dimensi antena *single patch* seperti yang tertera pada Tabel 3.1. untuk mendapatkan panjang *groundplane* yang sesuai dengan jumlah n-elemen dengan mengalikan nilai *Lg* dengan jumlah n-elemen.

Tabel 3.1. Nilai perhitungan parameter dimensi antena *single patch*.

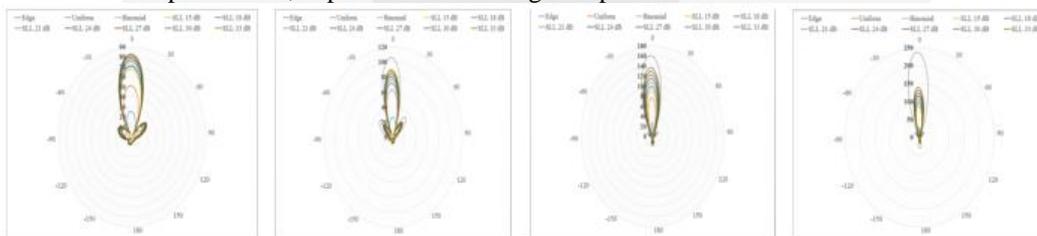
No.	Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
1	<i>Wp</i>	12,48	Lebar <i>patch</i>
2	<i>Lp</i>	11,67	Panjang <i>patch</i>
3	<i>Wg</i>	21,90	Lebar <i>groundplane</i>
4	<i>Lg</i>	21,09	Panjang <i>groundplane</i>
5	<i>Wf</i>	4,83	Lebar feed line
6	<i>Lf</i>	5,32	Panjang feed line
7	<i>Wt</i>	1,37	Lebar transformator
8	<i>Lt</i>	5,32	Panjang transformator
9	<i>Gap</i>	0,10	Jarak antar <i>patch</i>
10	<i>h</i>	1,57	Tebal substrat
11	<i>t</i>	0,035	Tebal konduktor

3.3 Simulasi Rancangan Antena Susunan Mikrostrip 1 x n

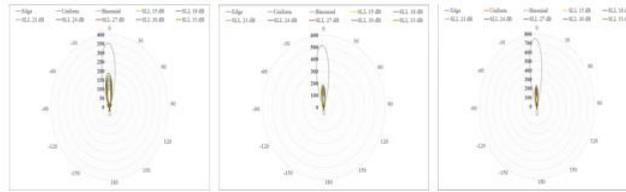
Setelah mendapatkan rancangan antena yang telah dioptimasi dan sudah sesuai dengan spesifikasi awal, maka hal selanjutnya yang dilakukan adalah merancang antena susunan dengan menginput distribusi arus pada catuan yang telah dihitung manual. Untuk mendapatkan nilai parameter-parameter yang diinginkan, diperlukan simulasi perangkat lunak *HFSS Ansoft*. Untuk input distribusi arus pada catuan antena menggunakan polinomial Dolph-Tchebyscheff sebagai acuan utama dan distribusi arus uniform serta binomial sebagai pembanding. Untuk distribusi yang menginput 1 A pada setiap ujung *patch*, sebagai referensi bentuk pola radiasi untuk setiap n-elemen.

4. Analisis

Setelah melakukan proses perancangan simulasi antena susunan mikrostrip, akan terlihat karakteristik pola radiasi untuk setiap n-elemen. Perlu diketahui bahwa medan total termasuk menjadi penentu apakah antena dapat bekerja dengan baik. Semakin tinggi nilai medan total akan semakin banyak data yang dapat ditransmisikan maupun diterima. Untuk melihat perbedaan pola radiasi untuk tiap n-elemen, dapat dilihat melalui grafik pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3.



Gambar 3.2. Grafik pola radiasi pada antena susunan mikrostrip 1 x 4 hingga 1 x 7.



Gambar 3.3. Grafik pola radiasi pada antenna susunan mikrostrip 1 x 8 hingga 1 x 10.

4.1 Analisis dan Hasil Keseluruhan Antena Susunan Mikrostrip untuk Setiap SLL

Pada pola radiasi distribusi arus Dolph-Tchebyscheff SLL 15 dB, nilai medan total terbesar yaitu antenna susunan mikrostrip 1 x 10 dengan nilai sebesar 122,72 volt/meter, *beamwidth* sebesar 16,50°, serta gain sebesar 15,23 dB. Pola radiasi yang ditunjukkan oleh gambar adalah direksional.

Sedangkan pada pola radiasi distribusi arus Dolph-Tchebyscheff SLL 18 dB terdapat antenna susunan mikrostrip 1 x 10 dengan nilai medan total terbesar yaitu 139,18 volt/meter, *beamwidth* sebesar 17,06°, serta gain sebesar 15,16 dB. Pola radiasi yang ditunjukkan oleh gambar adalah direksional.

Selain itu, pada pola radiasi distribusi arus Dolph-Tchebyscheff SLL 21 dB antenna susunan mikrostrip 1 x 10 memiliki nilai medan total terbesar yaitu 156,41 volt/meter, *beamwidth* sebesar 17,62°, serta gain sebesar 15,06 dB. Pola radiasi yang ditunjukkan oleh gambar adalah direksional.

Sama halnya dengan dengan pola radiasi distribusi arus Dolph-Tchebyscheff SLL 24 dB, antenna susunan mikrostrip 1 x 10 dengan nilai medan total terbesar yaitu 174,37 volt/meter, *beamwidth* sebesar 18,17°, serta gain sebesar 14,96 dB. Pola radiasi yang ditunjukkan oleh gambar adalah direksional.

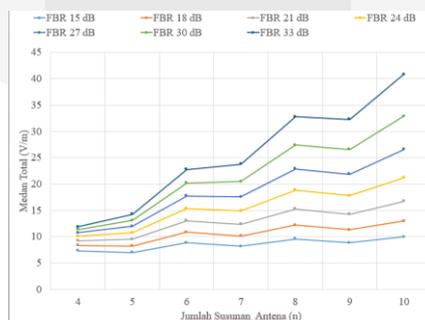
Pada pola radiasi distribusi arus Dolph-Tchebyscheff SLL 27 dB, nilai medan total terbesar dimiliki oleh antenna susunan mikrostrip 1 x 10 dengan nilai medan total terbesar yaitu 193,07 volt/meter, *beamwidth* sebesar 18,72°, serta gain sebesar 14,86 dB. Pola radiasi yang ditunjukkan oleh gambar adalah direksional.

Sedangkan untuk pola radiasi distribusi arus Dolph-Tchebyscheff SLL 30 dB, antenna susunan mikrostrip 1 x 10 memiliki nilai medan total terbesar yaitu 212,47 volt/meter, *beamwidth* sebesar 19,25°, serta gain sebesar 14,77 dB. Pola radiasi yang ditunjukkan oleh gambar adalah direksional.

Selain itu, pola radiasi distribusi arus Dolph-Tchebyscheff SLL 33 dB terdapat antenna susunan mikrostrip 1 x 10 dengan nilai medan total terbesar yaitu 233,99 volt/meter, *beamwidth* sebesar 19,81°, serta gain sebesar 14,66 dB. Pola radiasi yang ditunjukkan oleh gambar adalah direksional.

Dari penjelasan diatas, dapat diketahui bahwa input dari distribusi arus Dolph-Tchebyscheff dengan SLL 33 dB menghasilkan nilai medan total terbesar sedangkan SLL 15 dB menghasilkan nilai medan total terkecil. Sehingga dapat dinyatakan bahwa semakin besar input amplituda arus terhadap jumlah susunan antenna berbanding lurus dengan bertambahnya nilai medan total yang dipancarkan

Tetapi pada grafik pada Gambar 3.4 menunjukkan terjadinya pola yang sama, yaitu terdapat nilai naik-turun. Hal ini terjadi karena pada orde antenna yang besar juga memerlukan nilai SLL yang besar. Distribusi arus Dolph-Tchebyscheff dengan SLL yang kecil juga akan menghasilkan amplituda arus yang kecil karena menggunakan metode penyederhanaan agar mendapatkan polinomial yang sesuai. Hal ini dapat dilihat pada grafik medan total di SLL 33 dB terjadi kenaikan nilai untuk setiap n-elemen.



Gambar 3.4. Grafik medan total pada antenna susunan mikrostrip 1 x n.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Untuk mendapatkan antenna susunan mikrostrip yang sesuai dengan frekuensi kerja di 9,50 GHz, beberapa parameter-parameter dimensi antenna dapat mempengaruhinya. Contohnya adalah jarak, semakin besar jarak antar *patch* maka berbanding lurus dengan frekuensi kerja pada suatu antenna. Pada Tugas Akhir ini, dapat diketahui bahwa amplituda arus pada setiap catuan yang disusun secara linier sangat berpengaruh terhadap *return loss*, *beamwidth*, SLL, gain dan medan total. Semua parameter berbanding lurus dengan besarnya input amplituda arus pada setiap port, kecuali parameter *beamwidth* yaitu berbanding terbalik dengan input amplituda arus. Selain itu, semakin besar jumlah n-elemen antenna mikrostrip, hasil dari parameter-parameter tersebut juga sesuai dengan yang diharapkan, yaitu dapat mentransmisikan dan menerima informasi dengan jarak jangkauan yang jauh karena jumlah *side lobe* yang berkurang sehingga pola radiasi berpusat pada satu arah.

Tugas Akhir ini telah menganalisis antenna susunan 1 x 10 dengan distribusi arus Dolph-Tchebyscheff pada SLL 33 dB sebagai antenna yang dapat berkerja di frekuensi X-Band atau pada 9,50 GHz. Frekuensi tersebut biasanya dioperasikan pada komunikasi satelit, jaringan komputer *wireless* dan Radar. Pada antenna 1 x 10 dengan distribusi arus Dolph-Tchebyscheff pada SLL 33 dB didapatkan medan total dan SLL terbesar kedua setelah distribusi arus binomial. Untuk besar nilai medan total pada distribusi Uniform, berada setelah Dolph-Tchebyscheff. Nilai medan total dari antenna tersebut adalah 223,99 volt/meter. Selain itu didapatkan nilai sebesar -12,00 dB untuk *return loss*, 19,80° untuk *beamwidth*, dan 14,66 dB untuk gain. Pola radiasi dari antenna ini menunjukkan direksional. Namun, dalam pemilihan antenna tersebut juga mempengaruhi harga pasar karena membutuhkan material yang lebih banyak daripada antenna 1 x n lainnya.

5.2 Saran

Agar pembuatan sistem dapat lebih baik daripada penelitian sebelumnya, maka diperlukan saran untuk mencapai tujuan yang lebih baik. Berikut saran yang dapat disampaikan adalah:

1. Perlunya pemilihan SLL yang lebih besar agar parameter-parameter antenna dapat sesuai dengan jumlah orde yang besar.
2. Perlunya realisasi antenna susunan 1 x 10 mikrostrip agar dapat mengetahui perbedaan yang lebih spesifik.
3. Perlunya penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

Daftar Pustaka:

- [1] J. D. Kraus and R. J. Marhefka, "Antennas for All Applications.Pdf." 1988.
- [2] E. T. Rahardjo, D. P. Yusuf, and B. F. Y. Zulkifli, "Microstrip Array Antenna for X-Band Radar Application," *Asia-Pacific Microw. Conf. Proceedings, APMC*, vol. 1, pp. 8–11, 2016.
- [3] K. Kim *et al.*, "Antenna for Detecting and Tracking Radar," *2018 IEEE Radar Conf.*, pp. 100–103, 2018.
- [4] M. Villano, G. Krieger, and A. Moreira, "Advanced spaceborne SAR systems with planar antenna," *2017 IEEE Radar Conf. RadarConf 2017*, pp. 0152–0156, 2017.
- [5] M. Wahab, Y. P. Saputera, Y. Wahyu, and A. Munir, "Isolation improvement for x-band FMCW radar transmit and receive antennas," *Proceeding - 2016 Int. Conf. Radar, Antenna, Microwave, Electron. Telecommun. ICRAMET 2016*, pp. 110–114, 2017.
- [6] H. M. M. Makkawi, "Comparative study of the radiation characteristics between uniform, Tschebyscheff and Binomial amplitude distributions of linear patch antenna array for x-band radar warning receivers," *Proc. - 2017 Int. Conf. Commun. Control. Comput. Electron. Eng. ICCCEE 2017*, pp. 2–9, 2017.
- [7] C. A. Balanis, *Antenna theory*, vol. 25, no. 2. 2013.
- [8] A. I. Garg, Ramesh, Prakash Bhartia, Inder Bath, *Microstrip antenna*
- [9] M. J. Withers, "Handbook of Microstrip Antennas," *IEE Rev.*, 2009.