

POLA RADIASI ANTENA PATCH DALAM SKALA LINIER

Muhamad Azwar Annas¹, Aris Widodo², Uswatun Chasanah³,
Muktamar Cholifah Aisiyah⁴, Izza Eka Ningrum⁵
Universitas Muhammadiyah Lamongan
annasazwar93@gmail.com

Abstract

An antenna radiation pattern experiment has been carried out with the aim of determining the patch antenna radiation pattern on a logarithmic and linear scale, understanding the properties and principles of the antenna, and understanding the types of antenna radiation patterns. In the experiment, the angle, frequency, and radian intensity data were obtained, and the value of the linear intensity was calculated. With the principle of converting electrical signals into electromagnetic signals, a graph between angle and intensity is obtained. the graph between radian intensity and angle forms a circular pattern, in which the value of intensity and frequency at each point with a difference of 5 degrees has almost the same value. In conclusion, the antenna is a structure that can receive and release electromagnetic waves in the air. The patch antenna used has a unidirectional radiation pattern. Converts electromagnetic signals into electrical signals and vice versa, has a certain radiation pattern, and is easily disturbed by metallic materials.

Keywords : *Antenna; Radiation Pattern; Electronic Wave; and Intensity*

Abstrak : Telah dilakukan percobaan Pola Radiasi Antena dengan tujuan untuk menentukan pola radiasi antena patch dalam skala linier, memahami sifat-sifat dan prinsip dari antena, dan memahami jenis-jenis pola radiasi antena. Pada percobaan didapatkan data sudut, frekuensi, dan intensitas radiannya, serta dihitung nilai dari intensitas liniernya. Dengan prinsip mengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik. didapatkan grafik antara sudut dan intensitasnya . grafik antara intensitas radian dan sudut membentuk pola melingkar, yang nilai dari intensitas serta frekuensi pada masing-masing titik dengan selisih 5 derajat memiliki nilai yang hampir sama. Kesimpulannya antena merupakan struktur yang dapat menerima dan melepas gelombang elektromagnetik diudara. Antena patch yang digunakan berpola radiasi unidireksional. Mengubah sinyal elektromagnetik menjadi sinyal listrik dan sebaliknya, memiliki pola radiasi tertentu, dan mudah terganggu dengan bahan yang bersifat logam.

Kata Kunci : Antena; Pola Radiasi; Gelombang Elektronika; dan Intensitas

PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari – hari antenna telah menjadi bagian yang semakin penting bagi masyarakat sampai sekarang bahkan antenna menjadi alat yang sangat diperlukan dalam bidang komunikasi. Kini antenna ada dimana–mana baik di rumah, di tempat kerja, dimobil dan pesawat bahkan juga dikawal atau pun satelit. Karena suatu antenna mempunyai pola pancaran yang disebut dengan pola radiasi, dimana pola radiasi ini menunjukkan ke arah mana daya terbesar diarahkan. Oleh karena itu, dilakukan percobaan ini untuk mengetahui dan mempelajari pola radiasi suatu antenna.

Gelombang elektromagnet adalah gelombang yang mempunyai sifat listrik dan sifat magnet secara bersamaan. Gelombang radio merupakan bagian dari gelombang elektromagnetik pada spektrum frekuensi radio. Gelombang dikarakteristikan oleh panjang gelombang dan frekuensi. Panjang gelombang (λ) memiliki hubungan dengan frekuensi (f) dan kecepatan (v) yang ditunjukkan pada Persamaan 1.

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (1)$$

Kecepatan (v) bergantung pada medium. Ketika medium rambat adalah hampa udara (*free space*) (Hanafiah, Ali, 2008).

$$v = c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \quad (2)$$

Adapun rumus hubungan antara kuat medan listrik dengan medan magnetik yaitu sebagai berikut (Mahyuddin, Fahmi. 2011)

$$u_e = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 \quad (3)$$

$$u_B = \frac{B^2}{2\mu_0} \quad (4)$$

Dengan,

u_e = rapat energi listrik (J/m^3)

ϵ_0 = $8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$

E = kuat medan listrik (N/C)

u_B = rapat energi magnetik (J/m^3)

B = besar induksi magnetik (Wb/m^2)

μ_0 = $4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb/A}$ (Surjati, Indra. 2001)

Dalam perambatannya gelombang elektromagnetik merambat dengan kecepatan yang nilainya ditentukan oleh dua besaran yaitu permitivitas listrik dan permeabilitas magnetik. Untuk ruang hampa dan udara, maka nilai kecepatan gelombang elektromagnetik akan mendekati 3×10^8 m/s. (Giancoli, Douglass.1998)

Energi yang diradiasikan oleh gelombang elektromagnetik akan diterima oleh benda-benda di sekitarnya. Intensitas radiasi yang diterima oleh benda-benda tersebut bervariasi tergantung posisi benda tersebut dari sumber radiasi. Jika radiasi tersebut bersifat *omnidirectional*, maka intensitas radiasi yang diterima akan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara benda yang menerima radiasi dengan sumber radiasi. Semakin besar jarak dengan sumber, maka intensitas radiasi akan semakin berkurang, semakin dekat dengan sumber radiasi maka intensitas yang diterima akan semakin besar. (Giancoli, Douglass.1998)

Pada sistem komunikasi radio diperlukan antena sebagai pelepas energi elektromagnetik ke udara atau ruang bebas, atau sebaliknya sebagai penerima energi itu dari ruang bebas. Antena adalah suatu alat yang mengubah gelombang terbimbing dari yang saluran transmisi menjadi gelombang bebas di udara dan sebaliknya. Pada sistem komunikasi radio diperlukan adanya antena sebagai pelepas energi elektromagnetik ke udara atau ruang bebas atau sebaliknya sebagai penerima energi itu dari ruang bebas. Bentuk antena bermacam-macam sesuai dengan desain, pola penyebaran dan frekuensi dan gain(John D Krous.1998).

Antena adalah suatu piranti transisi antara saluran transmisi dengan ruang hampa dan sebaliknya. Antena terbuat dari bahan logam yang berbentuk batang atau kawat dan berfungsi untuk memancarkan atau menerima gelombang radio, atau sebaliknya. Selain itu, antena juga merupakan piranti pengarah karena digunakan untuk mengarahkan energi pancaran pada suatu arah dan menekan pada arah yang lain Antena akan berfungsi sebagai perangkat yang akan memindahkan gelombang elektromagnetik dari media kabel ke udara atau sebaliknya dari udara ke media(John D Krous.1998). Berbagai macam jenis antena telah dibuat dan diciptakan untuk berbagai macam aplikasi, khususnya pada aplikasi penerimaan televisi. Salah satu jenis antena tersebut adalah antena planar. Antena planar merupakan salah satu jenis antena yang populer saat ini. Hal ini dikarenakan bahannya yang sederhana dan murah tetapi hasil kualitasnya cukup baik(Mahyuddin, Fahmi.2011).

Radiasi antenna adalah penggambaran pancaran energyantena sebagai fungsi koordinasi ruang. Pola radiasi dibentukdari pancaran medan jauh pada antenna. Pancaran energi yang dimaksud adalah intensitas medan listrik. Berdasarkan pola radiasinya, antenna dikelompokkan menjadi 2 yaitu :

1. Antena terarah (*directional antenna*), yaitu Antena yang mampu memancarkan atau menerima gelombang elektromagnetik pada arah tertentu saja.
2. Antena tidak terarah (*omnidirectional antenna*), yaitu antenna yang mampu memancarkan atau menerima gelombang elektromagnetik ke segala arah (Hanafiah, Ali.2008)

Beberapa dari parameter tersebut saling berhubungan satu sama lain. Paramater-paramater antenna yang biasanya digunakan untuk menganalisis suatu antenna adalah impedansi masukan, *Voltage Wave Standing Ratio* (VSWR), *return loss*, lebar pita (*bandwidth*), keterarahan (*directivity*), dan penguatan (*gain*).

Impedansi masukan adalah perbandingan (*rasio*) impedansi pada bagian terminal antenna atau perbandingan antara tegangan dan arus listrik pada terminal antenna. Impedansi masukan ini bervariasi untuk nilai posisi tertentu.

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) adalah perbandingan antara ampitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ($|V|_{max}$) dengan minimum ($|V|_{min}$). Koefisien refleksi tegangan (Γ) memiliki nilai kompleks, yang merepresentasikan besarnya magnitude dan fasa dari refleksi.

Return Loss adalah perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. *Return loss* dapat terjadi karena adanya diskontinuitas di antara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban antenna.

Keterarahan (*Directivity*) dan Penguatan (*Gain*) merupakan penggambaran dari arah pancar atau terima gelombang elektromagnetik dari suatu antenna. Jika daya radiasi sama baik pada semua arah atau $P_n(\theta, \Phi) = 1$ untuk semua θ dan Φ maka $\Omega_A = 4\pi$, sehingga diperoleh $D = 1$. Nilai tersebut adalah keterarahan untuk sumber isotropis dan merupakan nilai terkecil yang mampu dimiliki antenna. Maka Ω_A harus selalu sama dengan atau lebih kecil dari 4π , sedangkan keterarahan harus selalu sama atau lebih besar dari 1. Penguatan (*gain*) merupakan besaran nilai yang menunjukkan adanya penambahan tingkat sinyal dari sinyal masukan menjadi sinyal keluaran. Penguatan bergantung pada keterarahan

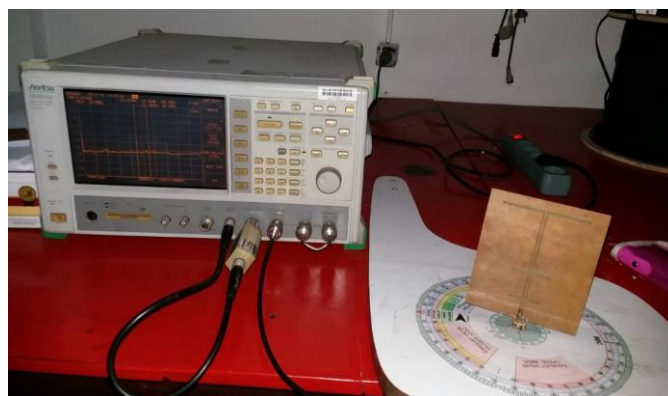
dan efisiensi. Semakin tinggi keterarahan maka semakin besar pula penguatannya

Lebar Pita (*Bandwidth*) didefinisikan sebagai lebar pita frekuensi yang digunakan oleh suatu sistem. Lebar pita antenna dapat ditentukan oleh beberapa karakteristik yang memenuhi ketentuan yang dispesifikasikan. pertengahan 1950-an. Aplikasi antenna jenis ini sudah dimulai pada awal 1970-an dimana bentuk.

METODE

Percobaan pola radiasi antenna yang telah dilakukan digunakan alat dan bahan diantaranya adalah sebuah antenna *patch*, sebuah *network analyzer*, beberapa kabel *port* penghubung, sebuah papan lingkaran penunjuk sudut.

Pada percobaan ini hal pertama yang dilakukan adalah disiapkan semua peralatan yang akan digunakan. Antena ditentukan dan dipasang pada papan sudut. Antena dihubungkan dengan *network analyzer* digunakan kabel port penghubung. *Network analyzer* dihubungkan dengan sumber tegangan listrik kemudian dinyalakan. Sudut antenna diatur sesuai panduan asisten. pada tombol frekuensi kemudian ditekan. Nilai dalam rentang frekuensi yang digunakan ditentukan.puncak sinyal tertinggi dipilih pada tampilan layar network analyzer dan selanjutnya option multi meker ditekan. Nilai sudut dan besar intensitas dicatat. Langkah-langkah diatas di ulangi dengan selisig sudut 5 derajat dari sudut 0 derajat sampai 360 derajat.



Gambar 1. Skema Percobaan

HASIL

Pada percobaan yang telah dilakukan, data yang diperoleh adalah intensitas radian dan frekuensi. Data tersebut didapatkan dari mengamati layar monitor seperti pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Pengukuran pada Sudut 60°

Data-data yang diperoleh dalam percobaan ini berupa sudut arah antenna, frekuensi dan intensitas radian ditunjukkan sebagaimana pada tabel berikut.

Tabel 1. Data yang didapat saat percobaan (Nilai Intensitask Radian).

No	Sudut	Frekuensi	Intensitas R
1	0	106	-21.3
2	5	560.5	-21.51
3	10	540.5	-22.69
4	15	545.5	-24.14
5	20	544.2	-22.54
6	25	537	-23.09
7	30	544.4	-21.65
8	35	545.5	-23.06
9	40	736	-27.01
10	45	736	-25.15
11	50	545.5	-27.78
12	55	736	-31.91
13	60	545.5	-25.67

14	65	545.5	-21.76
15	70	107.5	-24.73
16	75	545.5	-26.71
17	80	545.5	-25.53
18	85	545.5	-28.67
19	90	545.5	-21.96
20	95	545.5	-23.15
21	100	545.5	-28.75
22	105	560.5	-25.15
23	110	560.5	-25.19
24	115	545.5	-22.67
25	120	704.5	-33.31
26	125	545.5	-22.75
27	130	560.5	-23.52
28	135	560.5	-22.97
29	140	560.5	-24.7
30	145	545.5	-21.54
31	150	545.5	-22.12
32	155	545.5	-25.92
33	160	545.5	-23.69
34	165	560.5	-22.25
35	170	545.5	-23.1
36	175	545.5	-23.22
37	180	545.5	-20.75
38	185	545.5	-20.47
39	190	545.5	-21.27
40	195	545.5	-20.17
41	200	545.5	-20.6
42	205	545.5	-20.71
43	210	545.5	-22.88
44	215	545.5	-22.39
45	220	545.5	-24.34
46	225	545.5	-22.82
47	230	577.5	-23.55
48	235	545.5	-24.78
49	240	545.5	-23.46

50	245	545.5	-27.28
51	250	545.5	-28.73
52	255	704.5	-28.52
53	260	769.5	-30.6
54	265	107.5	-29.3
55	270	545.5	-23.52
56	275	545.5	-26.71
57	280	704.5	-29.56
58	285	560.5	-23.2
59	290	704.5	-25.75
60	295	545.5	-25.35
61	300	545.5	-27.16
62	305	545.5	-23.77
63	310	704.5	-23.88
64	315	560.5	-21.76
65	320	560.5	-23.74
66	325	560.5	-21.39
67	330	560.5	-23.06
68	335	704.5	-23.58
69	340	704.5	-24.59
70	345	560.5	-23.45
71	350	560.5	-22.5
72	355	560.5	-23.9
73	360	560.5	-24.09

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mencari nilai intensitas linier, dan didapatkan data sebagaimana berikut.

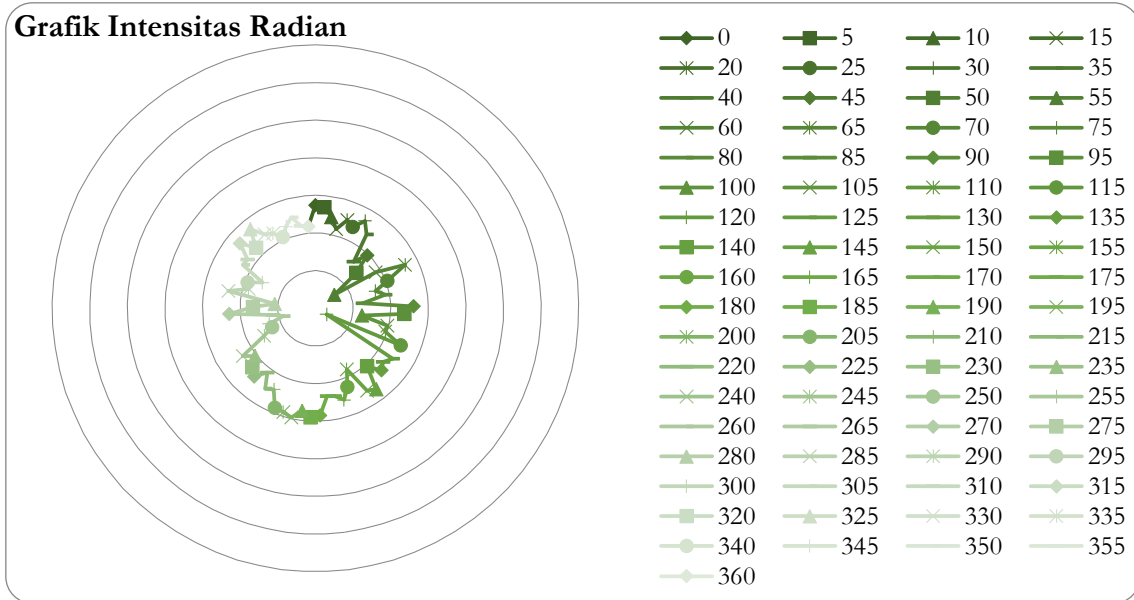
Tabel 2 Hasil perhitungan Intensitas Linier

No	Sudut	Frekuensi	Intensitas R	Intensitas L
1	0	106	-21.3	0.0074131
2	5	560.5	-21.51	0.0070632
3	10	540.5	-22.69	0.0053827
4	15	545.5	-24.14	0.0038548
5	20	544.2	-22.54	0.0055719
6	25	537	-23.09	0.0049091

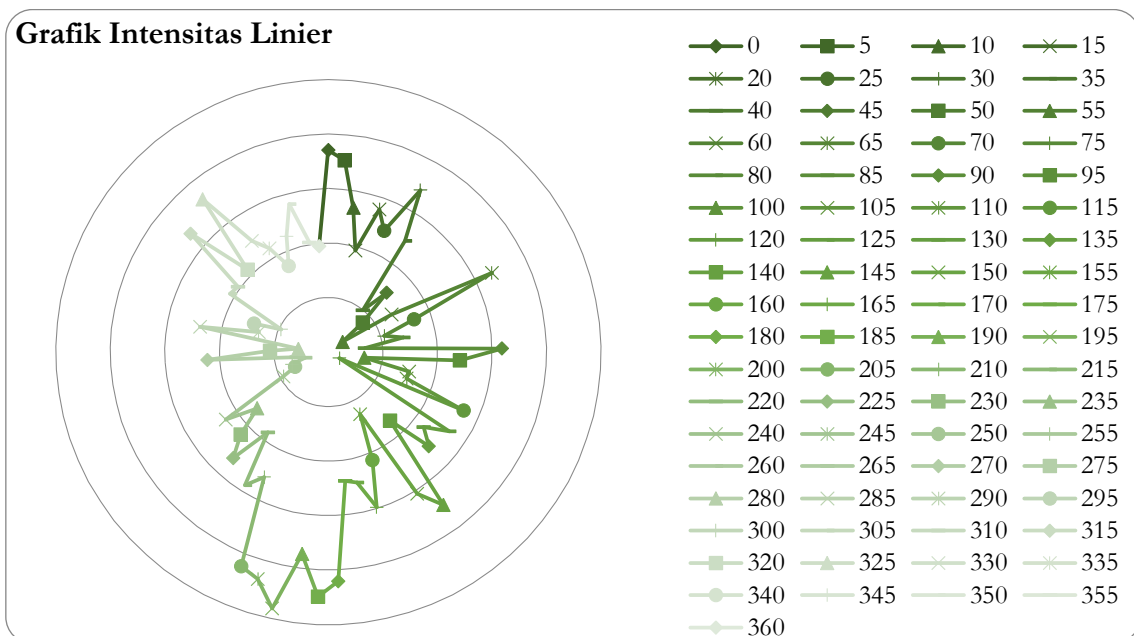
7	30	544.4	-21.65	0.0068391
8	35	545.5	-23.06	0.0049431
9	40	736	-27.01	0.0019907
10	45	736	-25.15	0.0030549
11	50	545.5	-27.78	0.0016672
12	55	736	-31.91	0.0006442
13	60	545.5	-25.67	0.0027102
14	65	545.5	-21.76	0.0066681
15	70	107.5	-24.73	0.0033651
16	75	545.5	-26.71	0.002133
17	80	545.5	-25.53	0.002799
18	85	545.5	-28.67	0.0013583
19	90	545.5	-21.96	0.006368
20	95	545.5	-23.15	0.0048417
21	100	545.5	-28.75	0.0013335
22	105	560.5	-25.15	0.0030549
23	110	560.5	-25.19	0.0030269
24	115	545.5	-22.67	0.0054075
25	120	704.5	-33.31	0.0004667
26	125	545.5	-22.75	0.0053088
27	130	560.5	-23.52	0.0044463
28	135	560.5	-22.97	0.0050466
29	140	560.5	-24.7	0.0033884
30	145	545.5	-21.54	0.0070146
31	150	545.5	-22.12	0.0061376
32	155	545.5	-25.92	0.0025586
33	160	545.5	-23.69	0.0042756
34	165	560.5	-22.25	0.0059566
35	170	545.5	-23.1	0.0048978
36	175	545.5	-23.22	0.0047643
37	180	545.5	-20.75	0.008414
38	185	545.5	-20.47	0.0089743
39	190	545.5	-21.27	0.0074645
40	195	545.5	-20.17	0.0096161
41	200	545.5	-20.6	0.0087096
42	205	545.5	-20.71	0.0084918

43	210	545.5	-22.88	0.0051523
44	215	545.5	-22.39	0.0057677
45	220	545.5	-24.34	0.0036813
46	225	545.5	-22.82	0.005224
47	230	577.5	-23.55	0.0044157
48	235	545.5	-24.78	0.0033266
49	240	545.5	-23.46	0.0045082
50	245	545.5	-27.28	0.0018707
51	250	545.5	-28.73	0.0013397
52	255	704.5	-28.52	0.001406
53	260	769.5	-30.6	0.000871
54	265	107.5	-29.3	0.0011749
55	270	545.5	-23.52	0.0044463
56	275	545.5	-26.71	0.002133
57	280	704.5	-29.56	0.0011066
58	285	560.5	-23.2	0.0047863
59	290	704.5	-25.75	0.0026607
60	295	545.5	-25.35	0.0029174
61	300	545.5	-27.16	0.0019231
62	305	545.5	-23.77	0.0041976
63	310	704.5	-23.88	0.0040926
64	315	560.5	-21.76	0.0066681
65	320	560.5	-23.74	0.0042267
66	325	560.5	-21.39	0.0072611
67	330	560.5	-23.06	0.0049431
68	335	704.5	-23.58	0.0043853
69	340	704.5	-24.59	0.0034754
70	345	560.5	-23.45	0.0045186
71	350	560.5	-22.5	0.0056234
72	355	560.5	-23.9	0.0040738
73	360	560.5	-24.09	0.0038994

Selanjutnya didapatkan grafik hubungan antara besar sudut dengan intensitas radian dan intensitas linier sebagaimana berikut.



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Besaran Sudut dengan Intensitas Radian.



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Besaran Sudut dengan Intensitas Linier.

PEMBAHASAN

Percobaan pola radiasi antenna ini bertujuan menentukan pola radiasi antenna *patch* dalam skala logaritmik dan linier, memahami sifat-sifat dan prinsip dari antenna, serta memahami jenis-jenis pola radiasi antenna. Antenna (antenna atau areal) adalah perangkat yang berfungsi untuk memindahkan energi gelombang elektromagnetik dari media kabel ke

udara atau sebaliknya dari udara ke media kabel. Kita mengambil sebuah contoh pada dua buah logam yang diberi muatan listrik yang berbeda dan berubah-ubah(biasanya berupa sinyal sinus), sehingga akan muncul gelombang elektromagnet yang merambat ke arah tertentu. Dengan gelombang inilah kita bisa menumpangkan sinyal informasi seperti suara, text sms, data dan sebagainya. ketika gelombang elektromagnet tersebut bertemu dengan logam yang lain, maka gelombang tersebut akan mengakibatkan perubahan muatan pada logam tujuan yang nantinya bisa diterjemahkan menjadi sinyal listrik dan bisa diolah informasi yang dikirimkan.

Nilai intensitas antena bernilai negatif karena dalam antena sudah memiliki nilai intensitas referensi. Sedangkan nilai intensitas yang diterima atau masuk ke antena lebih kecil oleh karena itu maka nilai intensitas yang terbaca adalah negatif.

Dipercobaan ini menggunakan antena *Patch* karena antena ini terbuat dari bahan konduktor seperti tembaga atau emas yang mempunyai bentuk bermacam-macam. Bentuk *patch* ini bisa bermacam-macam, lingkaran, persegi, persegi panjang, segitiga, ataupun *annular ring*. *Patch* ini berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara.

Dalam praktikum ini kita tidak boleh membawa barang-barang logam karena logam yang kita bawa dapat mengganggu sinyal yang dipancarkan antena. Pemberian variasi sudut pada posisi antena tidak terlalu berpengaruh terhadap sinyal yang dihasilkan. Sebab pemberian variasi sudut untuk mengetahui pola radiasi antena di setiap sudut dalam keliling antena tersebut. Jenis pola radiasi pada antena *patch* yang digunakan adalah *unidirectional* karena lebih fokus ke satu arah saja dari pada arah yang lain. Faktor yang mempengaruhi pola radiasi antena ini adalah arah antena, muatan listrik yang diberikan, bahan penyusul antena, benda benda disekitar. Hp yang di bawa praktikan. Karena HP memiliki pancaran sinyal juga yang dapat mengganggu pengambilan data. Sesuai data yang telah didapatkan maka bisa dilihat bahwa pola radiasi antena *patch* yang di gunakan adalah uni direksional dengan ada pancaran di setiap titik dari 0-360 derajat.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari percobaan ini adalah bahwa antenna merupakan struktur yang dapat menerima dan melepas gelombang elektromagnetik diudara. Antenna patch yang digunakan berpola radiasi unidireksional. Mengubah sinyal elektromagnetik menjadi sinyal listrik dan sebaliknya, memiliki pola radiasi tertentu, dan mudah terganggu dengan bahan yang bersifat logam.

DAFTAR PUSTAKA

- A.Zulkifli Lubis.2014. "Pengaruh Posisi Antena Terhadap Sinyal Gelombang Antena Yagi Aluminium". Jurnal Dinamis Vol.II,No.1, Januari 2014 ISSN 0216-7492. <https://doi.org/10.32734/dinamis.v2i1.7122>
- Denny Pasaribu.2014." Rancang Bangun Antena Mikrostrip *Patch* Segiempat Pada Frekuensi 2,4 Ghz Dengan Metode Pencatutan Inset".SINGUDA ENSIKOM VOL. 7 NO. 1/. <http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1427861&val=4117>
- Dhio Medianto.2018." Rancang Bangun Antena Mikrostrip *Patch* Triangular Metode Parasitic Untuk Aplikasi LTE di Frekuensi 2,3 GHz". Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana ISSN: 2086-9479. <https://media.neliti.com/media/publications/327297-none-a924ce1f.pdf>
- Fajar Wahyu Ardianto.2018." Analisis Simulasi Antena MIMO 4 x 4 Susunan Persegi dan Sirkular pada Frekuensi 15 GHz". JNTETI, Vol. 7, No. 2. <https://journal.ugm.ac.id/v3/JNTETI/article/view/2767/811>
- Fetricia Yuni Amelia.2017." Sistem Antena Array Paralel untuk Menghasilkan Lobe Radiasi Utama dalam Arah Bervariasi". Vol. 15 No. 2 (2013): TESLA: Jurnal Teknik Elektro. <https://doi.org/10.24912/tesla.v15i2.325>
- Giancolli, Douglass.1998. "Fisika Edisi Ke Lima" Jakarta : Erlangga
- Hanafiah, Ali, 2008. "Rancang Bangun Antena Mikrostrip *Patch* Segiempat Planar Array 4 Elemen denganPencatutan Aperture-Coupled untuk Aplikasi CPEpada Wimax",Laporan Tugas Akhir Teknik ElektroUniversitas Indonesia.
- Imam M.P Budi.2017." Perancangan dan AnalisisAntena Mikrostrip MIMO CircularPada Frekuensi 2,35 Ghz Untuk Aplikasi LTE". ISSN : 2085-3688; e-ISSN : 2460-0997. <https://doi.org/10.20895/infotel.v9i1.130>
- Irfan Mujahidin. 2019." Antena Compact Double Square Marge 2,6 GHz Dengan Output Perbedaan Fase 90 Derajat Untuk Aplikasi LTE". JEECAE Vol.4, No.2. <http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1265049&val=15265>
- Iwan Faizal.2015." Pengaruh Dimensi Heliks Terhadap Jenis Pola Radiasi Antena". Bunga Rampai Hasil Litbangyasa : Teknologi Pada Pesawat Terbang, Roket, dan Satelit. http://repositori.lapan.go.id/607/1/Bunga%20Rampai_Iwan_Pusteksat_2015.pdf
- John D Krous.1998. Antena. England: Mc Graw-Hill Book Company.

- Kevin Jones A.S.2017.” Perancangan Antena MIMO 2×2 Array Rectangular Patch dengan U-Slot untuk Aplikasi 5G”. JNTETI, Vol. 6, No. 1. <https://journal.ugm.ac.id/v3/JNTETI/article/view/2894/907>
- Muhamad Azwar Annas.2022.”Karakterisasi Sensor Cahaya Light Dependent Resistor (Ldr)”.Masaliq jurnal pendidikan dan sains Volume 2, Nomor 4. <https://ejournal.yasin-alsys.org/index.php/masaliq/article/view/516/405>
- Mahyuddin, Fahmi. 2011. Analisa Pengaruh Perubahan Tilting Antena Sektoral BTS Secara Elektrical dan Mechanical terhadap Perolehan Sinyal Ms dan Kualitas Layanan. Medan : Universitas Sumatra Barat Teknik Elektro
- Nabila Husna Shabrina.2018.” Analisis Pola Radiasi Antena Dipole pada aplikasi Wireless Sensor Networks di Industrial Site” ULTIMA Computing, Vol. X, No. 2. ISSN 2355-3286. <https://doi.org/10.31937/sk.v10i2.929>
- Surjati, Indra. 2001. "Antena Mikrostrip bentuk segi empat"JETri, Volume 1, Nomor 1. Halaman 69-76, ISSN 1412-0372.
- Teguh Firmansyah.2015.” Antena Mikrostrip Rectangular Patch 1575,42 MHz dengan Polarisasi Circular untuk Receiver GPS”. JNTETI, Vol. 4, No. 4. <https://journal.ugm.ac.id/v3/JNTETI/article/view/2982/977>