

ANTENA MICROSTRIP

Yoseph Rasiman¹, Muchammad Muchaddats², Kurniawan³, Tia Dikatama Tsania.⁴

¹Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma;

^{2,3,4}National Air And Space Power Of Indonesia

¹rasiman@unsurya.ac.id; ^{2,3}Muchammadfurqon10@gmail.com;

⁴ikeo.santai@gmail.com.

Abstrak — Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana cara kerja dari perangkat (*devais*) “*front-end*” yang berfungsi untuk mengubah gelombang listrik menjadi gelombang elektromagnetik (GEM) atau sebaliknya, dan memancarkan atau menerima gelombang radio (gelombang elektromagnetik). Sedangkan Antena *microstrip* adalah suatu konduktor metal yang menempel pada *ground plane* yang diantaranya terdapat bahan dielektrik. Sedangkan pada Antena *microstrip* memiliki massa ringan, mudah difabrikasi, dan sifatnya yang *konformal* memungkinkan dapat ditempatkannya pada hampir semua jenis permukaan yang berukuran kecil. Karena sifat yang dimilikinya, antena *microstrip* sangat cocok untuk memenuhi kebutuhan saat ini yaitu dapat di-integrasikan dengan peralatan telekomunikasi lain yang berukuran kecil. Akan tetapi antena *microstrip* juga memiliki beberapa kekurangan yaitu : *bandwidth* sempit, *gain* dan *directivity* kecil, serta efisiensi rendah.

Kata Kunci: Antena *microstrip*, *ground plane*, gelombang listrik, gelombang radio, *bandwidth*.

Abstract — This study aims to determine how the “front-end” device works which functions to convert electrical waves into electromagnetic waves (GEM) or vice versa, and transmit or receive radio waves (electromagnetic waves). While the microstrip antenna is a metal conductor attached to the ground plane which contains a dielectric material. While the microstrip antenna has a light mass, is easy to fabricate, and its conformal nature allows it to be placed on almost all types of small surfaces. Because of its properties, the microstrip antenna is very suitable to meet current needs, namely it can be integrated with other small telecommunications equipment. However, the microstrip antenna also has several disadvantages, namely: narrow bandwidth, small gain and directivity, and low efficiency.

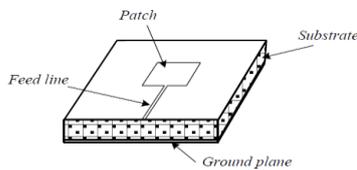
Keywords: Microstrip antenna, ground plane, electric waves, radio waves, bandwidth.

1. PENDAHULUAN

Antena Microstrip merupakan jenis saluran transmisi listrik yang dapat dibuat dengan teknologi apa pun di mana konduktor dipisahkan dari bidang tanah oleh lapisan dielektrik yang dikenal sebagai “substrat”. Saluran microstrip digunakan untuk menyalurkan sinyal frekuensi gelombang mikro. Secara fisik antena hanyalah logam

penghantar (konduktor) biasa. Sedangkan dalam sistem komunikasi elektronik, antena merupakan perangkat (*devais*) “*front-end*” yang berfungsi mengubah gelombang listrik menjadi gelombang elektromagnetik (GEM) atau sebaliknya, dan memancarkan atau menerima gelombang radio (gelombang elektromagnetik) tersebut. Sedangkan Antena *microstrip* adalah suatu konduktor metal yang

menempel pada *ground plane* yang diantaranya terdapat bahan dielektrik seperti tampak pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Struktur Antena *Microstrip*

Antena *microstrip* memiliki massa ringan, mudah difabrikasi, dan sifatnya yang *konformal* memungkinkan dapat ditempatkan nya pada hampir semua jenis permukaan yang berukuran kecil. Karena sifat yang dimilikinya, antena *microstrip* sangat cocok untuk memenuhi kebutuhan saat ini yaitu dapat di-integrasikan dengan peralatan telekomunikasi lain yang berukuran kecil. Akan tetapi antena *microstrip* juga memiliki beberapa kekurangan yaitu : *bandwidth* sempit, *gain* dan *directivity* kecil, serta efisiensi rendah. (Ali Hanafiah Rambe 2014, USU). Elemen substrat (*substrate*) merupakan bahan dielektrik yang memisahkan *patch* dengan *ground plane*. Elemen ini memiliki jenis yang bervariasi yang dapat digolongkan berdasarkan nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) dan *loss tangent*. Karakteristik substrat sangat berpengaruh terhadap parameter antena, salah satunya adalah frekuensi kerja pada tabel 1.1 memperlihatkan nilai konstanta dielektrik dan *loss tangent* dari beberapa jenis bahan dielektrik (Garg et al, 2001)

Jenis Bahan (Material)	Konstanta Dielektrik
Alumina	9,8
Ferrite	9 - 16
Epoxy FR 4	4,3
RT/Duroid 5880	2,2 – 10,8
Polistirena	2,4 – 2,7
Teflon	2,1
Silicon	11,9

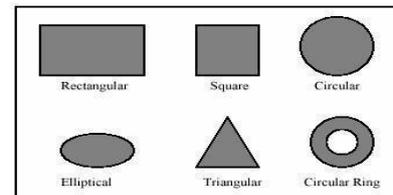
Tabel

Konstanta Bahan Dielektrik

1.1

Elemen pencatu merupakan saluran yang menghubungkan *patch* dengan perangkat

sistem pengirim atau penerima radio. Girish Kumar dan K.P. Ray (2003) membagi ke dalam 2 (dua) teknik pencatutan yang dikenal yaitu pencatutan langsung (*excited directly*) dan pencatutan tidak langsung (*excited indirectly*). Teknik pencatutan langsung yang umum digunakan adalah *microstrip-line feed* dan *coaxial-line feed*. Sedangkan teknik pencatutan tidak langsung antara lain *electromagnetically coupled*, *aperture coupled*, dan *coplanar waveguide* (Rambe, 2012).

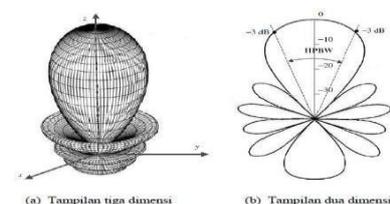


2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada riset ini dengan menggunakan beberapa parameter sebagai pedoman/acuan untuk mengetahui apakah hasil perancangan sesuai dengan realisasi sehingga antena dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan.

2.1. Pola Radiasi

Pola radiasi (*radiation pattern*) adalah representasi grafik dari sifat radiasi antena sebagai fungsi matematik. Sifat radiasi tersebut meliputi kerapatan flux, intensitas radiasi, kuat medan, dan polarisasi. Umumnya sifat dari radiasi yang diutamakan adalah persebaran secara tiga dimensi atau dua dimensi dari energi yang diradiasikan oleh antena. Contoh gambar dari pola radiasi antena secara tiga dimensi dan dua dimensi dapat dilihat pada Gambar 1.3 (Balanis, 2005).

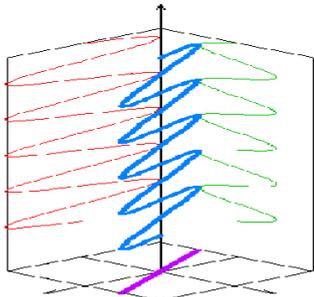


(a) Tampilan tiga dimensi (b) Tampilan dua dimensi

Gambar 1.3 Pola Radiasi Antena

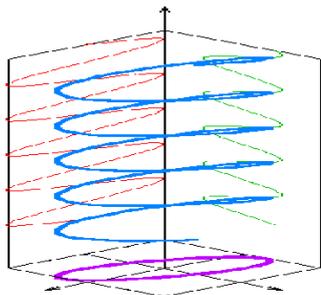
2.2. Polarisasi antena

Polarisasi antena adalah polarisasi gelombang yang ditransmisikan oleh antena. Jika arah tidak ditentukan maka polarisasinya ditentukan oleh arah *gain* maksimum. Polarisasi dari gelombang yang teradiasi didefinisikan sebagai suatu keadaan gelombang elektro magnet yang menggambarkan arah dan magnitudo vektor medan elektrik. Selain itu, polarisasi juga dapat didefinisikan sebagai gelombang yang dipancarkan atau diterima oleh antena pada arah tertentu. Polarisasi dapat diklasifikasi sebagai linier (*linear*), *circular* (melingkar), atau *elliptical* (elips). Polarisasi linier terjadi jika suatu gelombang yang berubah terhadap waktu pada suatu titik di ruang memiliki vektor medan elektrik pada titik tersebut yang selalu berorientasi pada garis lurus yang sama pada setiap waktu. (Ali Hanafiah Rambe, USU)



Gambar 1.4 Polarisasi Linier

Polarisasi melingkar terjadi jika suatu gelombang yang berubah menurut waktu pada suatu titik memiliki vektor medan elektrik (magnet) pada titik tersebut berada pada jalur lingkaran sebagai fungsi waktu.



Gambar 1.5 Polarisasi Melingkar

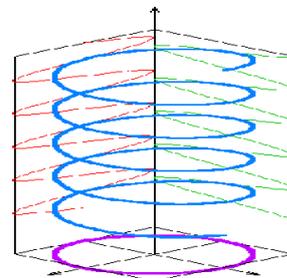
3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian tentang antena *microstrip* akan di bahas beberapa pendapat dalam rangka pelaksanaan riset untuk mendapatkan polarisasi yang sesuai gelombang yang terjadi pada antena *microstrip*.

3.1. Polarisasi elips

Polarisasi elips terjadi ketika gelombang yang berubah menurut waktu memiliki vektor medan (elektrik atau magnet) berada pada jalur kedudukan elips pada ruang. Kondisi yang harus dipenuhi untuk mendapatkan polarisasi ini adalah:

- Medan harus mempunyai dua komponen linier orthogonal.
- Kedua komponen tersebut harus mempunyai magnitudo yang sama atau berbeda.
- Jika kedua komponen tersebut tidak berada pada magnitudo yang sama perbedaan fasa waktu antara kedua komponen tersebut harus tidak bernilai 0^0 atau kelipatan 180^0 (karena akan menjadi linier).



Gambar 1.6 Polarisasi Elips

3.2. Gain

Gain antena merupakan besaran yang membandingkan intensitas radiasi maksimum suatu antena terhadap intensitas radiasi antena referensi dengan daya maksimum yang sama dengan faktor efisiensi antena. Besarnya *gain* dalam suatu antena tergantung pada aplikasinya karena setiap aplikasi memiliki *gain* tertentu. *Gain* akan sama dengan besarnya direktivitas bila antena mempunyai η sama dengan satu. Hubungan antara *gain* dan direktivitas dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$G \square \square .D \dots\dots\dots(1.1)$$

Keterangan:

$G = Gain$ antena

$\eta =$ faktor efisiensi antena ($0 \leq \eta \leq 1$).

$D =$ Direktivitas

3.3. Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

VSWR adalah perbandingan amplitudo tegangan gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ($|V|_{max}$) dengan tegangan gelombang minimum ($|V|_{min}$). Secara matematik, VSWR dapat dinyatakan dengan persamaan (Wadell, 1991), (Volakis, 2007):

$$VSWR \square \frac{V_{max}}{V_{min}} = \dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

$V_{max} =$ Tegangan tertinggi

$V_{min} =$ Tegangan terendah

$\square =$ Koefisien Pantul

Dimana Γ merupakan koefisien refleksi tegangan yang memiliki nilai kompleks dan merepresentasikan besarnya magnitude dan fasa refleksi. Refleksi tegangan terjadi akibat tidak sesuainya impedansi saluran transmisi dan impedansi beban yang dinyatakan sebagai (Wadell, 1991):

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana Z_L adalah impedansi beban (load) dan Z_0 adalah impedansi karakteristik saluran. Untuk beberapa kasus, ketika bagian imajiner dari $\Gamma = 0$, maka (Wadell, 1991):

- $\Gamma = - 1$: refleksi negatif maksimum, ketika saluran terhubung singkat.
- $\Gamma = 0$: tidak ada refleksi, atau saluran dalam keadaan *matched* sempurna.
- $\Gamma = + 1$: refleksi positif maksimum, ketika saluran dalam rangkaian

terbuka. Kondisi yang paling baik adalah ketika tidak ada refleksi gelombang tegangan yang berarti bahwa saluran sempurna (*perfect match*) sehingga VSWR bernilai 1

3.4. Return Loss

Return loss merupakan koefisien refleksi dalam bentuk logaritmik yang menunjukkan daya yang hilang karena beban dan saluran transmisi tidak *matching*. *Return loss* dapat terjadi akibat adanya diskontinuitas diantara impedansi saluran transmisi dengan impedansi beban. Sehingga tidak semua daya dapat diradiasikan (terdapat daya yang dipantulkan balik). *Return loss* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Return Loss = 20 \log^{10} |\Gamma| \text{ (dB)} \dots\dots(2.4)$$

Dimana Z_L adalah impedansi beban (load) dan Z_0 adalah impedansi karakteristik saluran. Untuk beberapa kasus, ketika bagian imajiner dari $\Gamma = 0$, maka (Wadell, 1991):

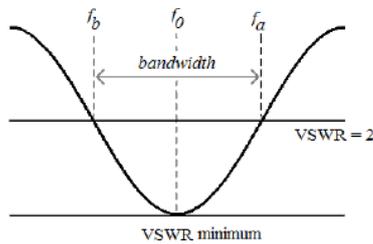
- $\Gamma = - 1$: refleksi negatif maksimum, ketika saluran terhubung singkat.
- $\Gamma = 0$: tidak ada refleksi, atau saluran dalam keadaan *matched* sempurna.
- $\Gamma = + 1$: refleksi positif maksimum, ketika saluran dalam rangkaian terbuka. Kondisi yang paling baik adalah ketika tidak ada refleksi gelombang tegangan yang berarti bahwa saluran sempurna (*perfect match*) sehingga VSWR bernilai 1.

3.5. Bandwidth

Bandwidth didefinisikan sebagai rentang frekuensi kerja suatu antena. Nilai *bandwidth* dapat diketahui apabila nilai frekuensi bawah dan frekuensi atas sudah diketahui. Frekuensi bawah (*fb*) adalah nilai frekuensi awal dari frekuensi kerja antena, sedangkan frekuensi atas (*fa*) merupakan nilai frekuensi akhir dari frekuensi kerja antena, berdasarkan grafik VSWR terhadap frekuensi dari nilai standar

VSWR yaitu ≤ 2 . Bandwidth secara umum dapat dinyatakan sebagai (Volakis, 2007):

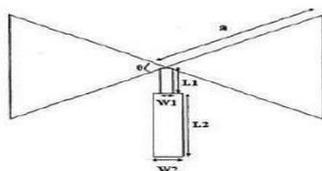
$$\text{Bandwidth} = f_a - f_b \text{ (Hz)} \dots \dots \dots (2.5)$$



Gambar 1.7 ilustrasi sebuah bandwidth

3.6. Antena Mikrostrip Bowtie

Antena *microstrip* dibuat dari tiga lapis bahan, yaitu lapisan konduktor, substrat (dielektrik), dan *groundplane*. Konduktor umumnya terbuat dari bahan tembaga, aluminium, atau emas. Dielektrik dengan ketebalan $h < \lambda$ memiliki permitivitas relatif (ϵ_r) berkisar antara 2,2 hingga 10. Konstanta dielektrik dibuat rendah untuk meningkatkan medan limpahan yang berguna dalam radiasi. Dalam analisa, *groundplane* terbuat dari bahan konduktor sempurna, tetapi dalam aplikasi *ground* terbuat dari bahan konduktor tak sempurna.



Gambar 1.8 Bentuk Patch Antena Mikrostrip Bowtie

3.7. Dimensi Antena

Untuk mencari dimensi antena *microstrip* (W dan L), harus diketahui terlebih dahulu parameter bahan yang digunakan yaitu tebal dielektrik (h), konstanta dielektrik (ϵ_r), tebal konduktor (t) dan rugi-rugi bahan. Panjang antena *microstrip* harus disesuaikan, karena apabila terlalu pendek maka *bandwidth* akan sempit sedangkan apabila terlalu panjang *bandwidth* akan menjadi lebih lebar tetapi efisiensi radiasi akan menjadi kecil. Dengan mengatur lebar dari antena *microstrip* (W) impedansi input juga akan berubah. Pendekatan yang digunakan

untuk mencari panjang dan lebar antena *microstrip* dapat menggunakan persamaan sebagai berikut: (Refelly Jhon, 2016):

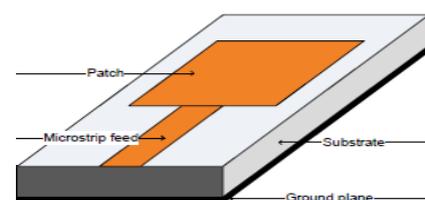
$$a = \frac{2c}{2fr\sqrt{s r}} \dots \dots \dots (2.7)$$

$$a_{eff} = a + \frac{h}{\sqrt{\epsilon_r}} \dots \dots \dots (2.8)$$

Nilai *a_{eff}* digunakan untuk mencari nilai panjang patch (LP) dan lebar patch (WP) menggunakan persamaan cos dan sin dengan nilai $\theta = 80^\circ$.

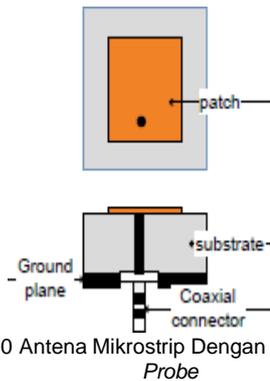
3.8. Teknik Pencatuan Saluran Mikrostrip

Pada umumnya, metode pencatuan yang digunakan pada antena mikrostrip di klasifikasikan menjadi dua yaitu pencatuan langsung (*direct coupling*) dan tidak langsung (*elctromagnetic coupling*). Pada metode pencatuan langsung (*direct coupling*), power RF langsung dicatu ke *patch* menggunakan elemen penghubung pada jalur mikrostrip. Sedangkan metode pencatuan tidak langsung (*elctromagnetic coupling*) tidak ada kontak langsung antara saluran transmisi dengan elemen peradiasinya. Ada 4 macam teknik pencatuan yang paling populer digunakan, yakni *microstrip line*, *coaxial probe*, *aperture coupling*, dan *proximity coupling*. Teknik *microstrip line* sangat mudah untuk difabrikasi, memiliki model yang sederhana dan mudah untuk *match* hanya dengan mengatur posisi *feed*. Teknik ini menggunakan strip kecil sebagai line tambahan yang langsung dihubungkan ke *patch* antena seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.9.



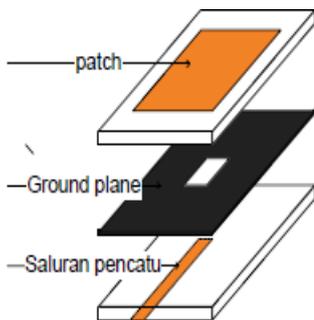
Gambar 1.9 Antena mikrostrip dengan pencatuan *microstrip line*

Pada teknik pencatuan coaxial probe, bagian dalam konduktor dari coax ditambahkan kedalam patch radiasi sementara bagian luar konduktornya dihubungkan dengan *ground plane*. Teknik pencatuan ini juga sering digunakan karena mudah difabrikasi dan memiliki radiasi palsu yang kecil.



Gambar 1.10 Antena Mikrostrip Dengan Pencatuan Coaxial Probe

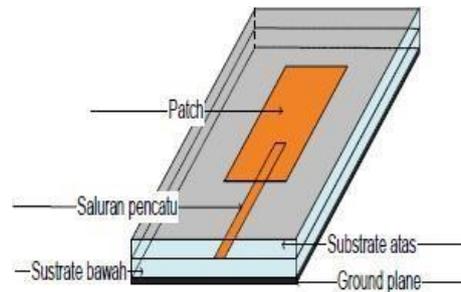
Dari keempat jenis teknik pencatuan, teknik *aperture coupling* merupakan yang paling sulit untuk difabrikasi dan memiliki *bandwidth* yang sempit. Untuk mengoptimalkan desain, *aperture coupling* terdiri atas dua buah substrat yang terpisahkan oleh sebuah *ground plane*. Pada dasar substrat terdapat sebuah mikrostrip *line feed* yang memiliki energi terkopel dengan patch melalui suatu slot pada *ground plane* yang memisahkan kedua substrat tersebut.



Gambar 1.11 Antena mikrostrip dengan pencatuan aperture coupling

Proximity coupling merupakan teknik pencatuan yang memiliki keunggulan pada *bandwidth* yang dihasilkan paling besar dan radiasi tambahan (*spurious radiation*) yang kecil. Teknik ini sangat

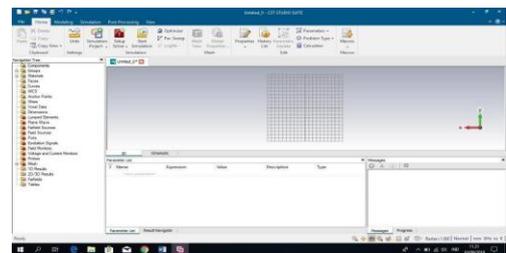
sulit difabrikasi. Dengan mengatur parameter panjang dari feeding stub dan rasio *width-to-line* dari patch dapat mengoptimalkan desain.



Gambar 1.12 Antena mikrostrip dengan pencatuan proximity coupling

3.9. CST Studio Suite 2018

CST Studio Suite 2018 adalah software simulasi antena untuk memudahkan pengguna dalam mendesain berbagai macam perangkat yang beroperasi dalam berbagai frekuensi. Salah satunya adalah mendesain antena mikrostrip. CST Studio Suite 2018 menawarkan solusi komputasi yang akurat dan efisien untuk desain dan analisis perangkat elektromagnetik. Berikut adalah tampilan simulasi CST Studio Suite 2018:



Gambar 1.13 Simulasi CST STUDIO SUITE 2018

4. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

- Antena mikrostrip kini menjadi jenis antena mapan yang direkomendasikan dengan tegas oleh para perancang di seluruh dunia untuk berbagai aplikasi, khususnya saat radiator profil rendah dibutuhkan. Diasumsikan bahwa antena mikrostrip atau antena cetak telah matang hingga ke titik di mana banyak pendekatan yang telah teruji dan terbukti dapat diandalkan dan

hanya sedikit kejutan yang tersisa terkait kinerjanya. Upaya juga dilakukan untuk memperhitungkan berbagai aplikasi antena microstrip seperti berbagai jenis sistem komunikasi yang mencakup komunikasi seluler, komunikasi nirkabel, komunikasi satelit dll. Aplikasi antena mikrostrip dalam ilmu kedokteran (aplikasi biomedis), pemanenan energi (aplikasi Rectenna), industri tekstil (antena yang dapat dikenakan) juga disertakan.

- Antena microstrip yang paling umum digunakan adalah patch persegi panjang yang tampak seperti saluran transmisi microstrip yang terpotong. Panjangnya sekitar setengah panjang gelombang. Ketika udara digunakan sebagai substrat dielektrik, panjang antena mikrostrip persegi panjang kira-kira setengah dari panjang gelombang ruang bebas. Karena antena dimuat dengan dielektrik sebagai substratnya, panjang antena berkurang seiring dengan peningkatan konstanta dielektrik relatif substrat. Panjang resonansi antena sedikit lebih pendek karena "medan pinggiran" listrik yang diperpanjang yang sedikit meningkatkan panjang listrik antena. Model awal antena mikrostrip adalah bagian dari saluran transmisi mikrostrip dengan beban yang setara di kedua ujungnya untuk mewakili kehilangan radiasi.

5. REFERENSI

- [1] Carr, Joseph; Hippisley, George (2012). *Buku Pegangan Antena Praktis, Edisi ke-5. McGraw-Hill. ISBN no. telp. 9780071639590.*
- [2] Graf, Rudolf F., ed. (1999). "Antena". *Kamus Elektronik Modern. Newnes. hal. 29. ISBN Telp: 978- 0750698665. uah1PkxWeKYC.*
- [3] Poole, Ian (2016). "Apa itu MIMO/ Tutorial Multiple Input Multiple Output". *Antena dan propagasi. Radio-electronics.com (Adrio Communications. Diperoleh pada 23 Februari 2017.*
- [4] Lompat ke:^{a b} Bevelacqua, Peter (2016). "Array Antennas". *Antenna-theory.com. Diperoleh pada tanggal 23 Februari 2017.*
- [5] Poole, Ian (2016). "Tutorial Antena Cerdas". *Antena dan perambatan. Radio-electronics.com (Adrio Communications). Diakses tanggal 23 Februari 2017.*
- [6] Lompat ke:^{a b} Collin, Robert E. (1985). *Antena dan Perambatan Gelombang Radio. McGraw-Hill. ISBN Nomor telepon 0-07- 011808-6.*
- [7] Steinberg, B. (1972). "Puncak sidelobe dari phased array yang memiliki elemen yang terletak secara acak". *Transaksi IEEE pada Antena dan Propagasi. 20 (2): 129–136. Bibcode :1972ITAP.20.129S.doi:10.1109/TAP.1972.1140162. ISSN 0096-1973.*
- [8] Ishimaru, A. (1962). "Teori susunan spasi tidak sama". *Transaksi IRE pada Antena dan Propagasi. 10 (6):691–702. Bibcode:1962ITAP.10.691I . doi:10.1109/TAP.1962.1137952 . ISSN 0096-1973.*
- [9] Lompat ke:^{a b} Lo, Y. (1964). "Teori matematika susunan antena dengan elemen yang ditempatkan secara acak". *Transaksi IEEE tentang Antena dan Propagasi. 12(3):257–268. Bib code:1964ITAP.12.257L.doi:10.1109/TAP.1964.1138220. ISSN0096-1973.*
- [10] Skolnik, M.; Sherman, J.; Ogg, F. (1964). "Desain susunan meruncing kepadatan secara statistik". *Transaksi IEEE tentang Antena dan Propagasi . 12(4):408–417. Bibcode: 1964I TAP 12.408S.doi:10.1109/TAP.1964.1138 239. ISSN 0096-1973.*

- [11] Lompat ke:^{a b} Sibille, Alain; Oestges, Claude; Zanella, Alberto (2011). MIMO: Dari Teori ke Implementasi. Elsevier. ISBN Nomor telepon 978-0-12-382194-2.
- [12] Broydé, F.; Clavelier, E. (Jan 2022). "Efisiensi Radiasi dan Transduser pada Rangkaian Antena Multiport". Makalah Riset Excem dalam Elektronika dan Elektromagnetika (4). doi:10.5281/zenodo.5816837.