

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

II.3 Teori Pendukung

II.3.1 Sistem Seluler

Seluler merupakan sebuah sistem dimana sebuah transmitter berdaya besar digantikan oleh banyak transmitter yang memiliki daya kecil yang dinamakan sel, dimana masing-masing sel melayani area-area kecil yang dijangkaunya [4]. Konsep dasar dari suatu sistem selular adalah pembagian pelayanan menjadi daerah-daerah kecil yang disebut sel. Setiap sel mempunyai daerah cakupannya masing-masing dan beroperasi secara khusus. Jumlah sel pada suatu daerah geografis adalah berdasarkan pada jumlah pelanggan yang beroperasi di daerah tersebut. Suatu sel pada dasarnya merupakan pusat komunikasi radio yang berhubungan dengan MSC yang mengatur panggilan yang masuk. Jangkauan pengiriman sinyal pada sistem komunikasi bergerak selular dapat diterima dengan baik tergantung pada kuatnya sinyal batasan sel para pemakainya. Tetapi, masih terdapat faktor lain yang dapat menjadi kendala untuk sinyal yang dikirim dapat diterima dengan baik. Faktor lain yang dimaksud adalah faktor geografis (alam). Ukuran sel pada sistem komunikasi seluler dapat dipengaruhi oleh:

- a. Kepadatan pada traffic.
- b. Daya pemancar, yaitu Base Station (BS) dan Mobile Station (MS).
- c. Dan faktor alam, seperti udara, laut, gunung, gedung-gedung, dan lain-lain.

Akan tetapi batasan-batasan tersebut akhirnya ditentukan sendiri oleh kuatnya sinyal radio antar Base Station (BS) dan Mobile Station (MS).

Bentuk Sel dalam sistem selular berkaitan dengan luas cakupan daerah pelayanan. Bentuk sel yang terdapat pada sistem komunikasi bergerak selular digambarkan dengan bentuk hexagonal dan lingkaran. Tetapi, bentuk hexagonal dipilih sebagai bentuk pendekatan jaringan selular, karena dari sel yang lebih

sedikit dengan bentuk hexagonal diharapkan dapat mencakup seluruh wilayah pelayanan.

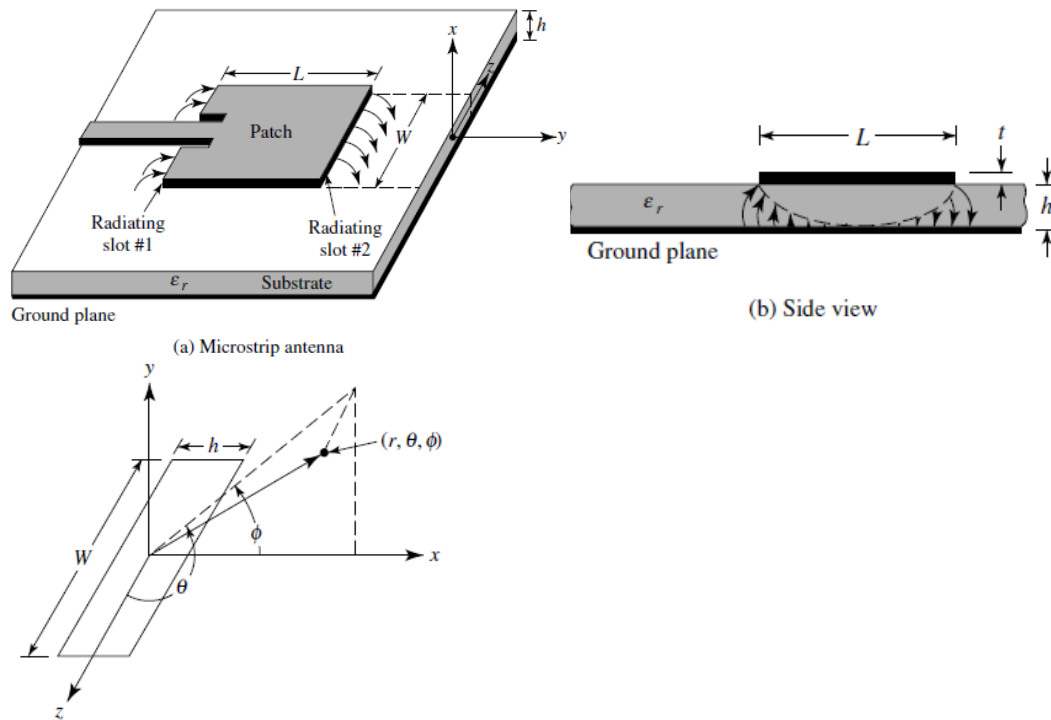
Setiap sel memiliki alokasi sejumlah channel frekuensi tertentu yang berlainan dengan sebelahnyanya. Karena channel frequency merupakan sumber terbatas maka, untuk meningkatkan kemampuan pelayanan frekuensi yang terbatas tersebut dipakai secara berulang-ulang, yang dikenal dengan istilah pengulangan frekuensi (*frequency reuse*). Oleh karena itu pengulangan frekuensi merupakan hal yang penting dalam komunikasi selular.

II.3.2 Antena Mikrostrip

Menurut definisi standar istilah IEEE untuk antena, antena didefinisikan sebagai "sarana untuk memancar atau menerima gelombang radio" [5]. Dengan kata lain, antena pemancar adalah perangkat yang mengambil sinyal dari saluran transmisi, mengubahnya menjadi gelombang elektromagnetik dan kemudian memancarkan ke ruang bebas, saat beroperasi dalam mode penerimaan, antena mengumpulkan gelombang elektromagnetik yang datang dan mengubahnya kembali menjadi sinyal.

Antena mikrostrip adalah antena yang mempunyai tampilan yang sederhana diantaranya yaitupenampang yang tipis, ringan, lebih mudah dalam fabrikasi dan menghasilkan polariasi yang linear maupun sirkular.

Antena mikrostrip terdiri dari suatu lapisan logam yang sangat tipis ($t \ll \lambda_0$, dimana λ_0 merupakan panjang gelombang di udara) dan biasa disebut *patch*. *Patch* tersebut diletakan di atas *groundplane* dengan jarak $h \ll \lambda_0$ ($0.003 \lambda_0 \leq h \leq 0.05 \lambda_0$). *Patch* dan *groundplane* dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik yang disebut substrat [4]. Konstruksi antenna mikrostrip diperlihatkan pada Gambar-1.



Antena mikrostrip memiliki beberapa keunggulan bila dibandingkan dengan antena mikrostrip konvensional lainnya [5]. Keunggulan – keunggulan dari antena mikrostrip diantaranya :

- Ringan dan memiliki penampang yang tipis
- Biaya pabrikasi yang murah karena menggunakan PCB
- Dapat menghasilkan polarisasi linear maupun sirkular
- Mudah untuk di integrasikan
- Mudah dalam fabrikasi
- Dapat memiliki dua atau lebih frekuensi kerja

Selain memiliki keunggulan – keunggulan di atas, antena mikrostrip juga memiliki beberapa kelemahan [5], yaitu :

- Bandwidth yang sempit (1 – 5 %)
- Gain yang rendah

II.3.3 Parameter Antena

A. *Gain*

Untuk menentukan gain antenna dapat menggunakan banyak metode bisa dengan perhitungan dan pengukuran. Semua metode ini didasarkan pada rumus transmisi Friis yang mengasumsikan bahwa sistem pengukuran menggunakan dua antenna. Penguatan (G) pada antenna mikrostrip merupakan perbandingan intensitas radiasi pada arah tertentu terhadap intensitas radiasi yang diterima jika daya yang diterima berasal dari antenna isotropik [5], secara matematis dirumuskan sebagai berikut:

$$Gain = 4\pi \frac{\text{Intensitas radiasi pada arah tertentu}}{\text{Intensitas radiasi yang diterima}} = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad (II.1)$$

B. *Return loss*

Return loss adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui berapa banyak daya yang hilang pada beban dan tidak kembali sebagai pantulan. [6]. Dalam istilah teknis, RL adalah rasio sinyal yang dipantulkan kembali dari perangkat yang diuji, *Pout*, ke sinyal yang diradiasikan ke perangkat itu, *Pin*, biasanya dinyatakan sebagai angka negatif dalam dB. Return Loss dapat dihitung dengan menggunakan rumus.

$$RL = 10 \log (Pout / Pin) \quad (II.2)$$

Atau dengan rumus

$$RL = -20 \log |\Gamma| \quad (II.3)$$

Dimana:

Pout = Daya output (Watt)

Pin = Daya input (Watt)

Γ = koefisien pantul

C. **SWR**

SWR (Standing Wave Ratio) merupakan perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (standing wave) maksimum ($|V_{max}|$) dengan minimum ($|V_{min}|$). Gelombang berdiri merupakan gabungan antara refleksi dan interferensi yaitu gelombang pantul menginterferensi gelombang datang sehingga fasa gelombang datang terganggu oleh gelombang pantul yang mengakibatkan gelombang datang mengalami kerusakan [3]. Pada saluran transmisi ada dua

komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan (V_0^+) dan tegangan yang direfleksikan (V_0^-). Perbandingan antara tegangan yang direfleksikan dengan tegangan yang dikirimkan disebut koefisien refleksi tegangan (Γ) [8].

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (\text{II.4})$$

Dimana:

Z_L = impedansi beban (load) (Ohm)

Z_0 = impedansi saluran lossless (Ohm)

Koefisien refleksi tegangan (Γ) memiliki nilai kompleks yang merepresentasikan besarnya *magnitude* dan fasa dari refleksi. Untuk dari beberapa kasus sederhana, ketika bagian imajiner dari Γ adalah nol maka:

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

SWR juga merupakan parameter yang digunakan sebagai penentu *matching* antara antena dan *transmitter* [3]. Setelah didapatkan maka akan diketahui besarnya koefisien pantul sehingga SWR nya dapat dihitung dengan rumus:

$$SWR = \frac{|\bar{V}|_{max}}{|\bar{V}|_{min}} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (\text{II.5})$$

Kondisi SWR yang paling baik adalah SWR bernilai 1 ($S=1$) yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran berada dalam keadaan *matching* sempurna. Namun pada kenyataan nilai tersebut sulit didapatkan sehingga nilai dasar SWR yang digunakan pada antena umumnya $SWR \leq 2$ [6].

D. Bandwidth

Bandwidth menggambarkan rentang frekuensi di mana antena dapat memancarkan atau menerima energi dengan benar. Seringkali, *bandwidth* yang diinginkan adalah salah satu parameter penentu yang digunakan untuk memutuskan antena. Misalnya, banyak jenis antena memiliki *bandwidth* yang sangat sempit. Untuk antena

broadband, biasanya *bandwidth*nya dinyatakan sebagai rasio frekuensi *upper-to-lower* dari operasi yang dapat diterima [5].

Bandwidth antenna biasanya ditulis dalam bentuk presentase *bandwidth* karena bersifat relatif lebih konstan terhadap frekuensi, berikut rumus perhitungan *bandwidth*:

$$BW = \frac{f_h - f_l}{f_c} \times 100\% \quad (\text{II.6})$$

Dimana:

f_h = Frekuensi atas (MHz)

f_l = Frekuensi bawah (MHz)

f_c = Frekuensi tengah (MHz)

E. Pola Radiasi

Pola radiasi antenna didefinisikan sebagai "fungsi matematis atau representasi grafis dari sifat radiasi antenna sebagai fungsi koordinat ruang [8]. Dalam banyak kasus pola radiasi ditentukan di wilayah medan dan direpresentasikan sebagai fungsi koordinat arah. Radiasi properti diantaranya meliputi kepadatan fluks daya, intensitas radiasi, kekuatan medan, directivity, fasa atau polarisasi. Sifat radiasi yang paling memprihatinkan adalah dua atau tiga dimensi distribusi spasial energi terpancar sebagai fungsi pengamat posisi sepanjang jalan atau permukaan jari-jari yang konstan

II.3.4 Dimensi Antena

Sebelum melakukan perancangan sebuah antenna mikrostrip dalam hal ini bentuk patch rectangular, kita harus terlebih dahulu mengetahui dimensi antenna tersebut yaitu lebar patch (W) dan panjang patch (L).

Berikut persamaan matematis untuk menghitung dimensi antenna.

1. Lebar Patch (W)

$$W = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (\text{II.7})$$

2. Lebar Patch (L)

$$L = \frac{c}{2f_r\sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2\Delta L \quad (\text{II.8})$$

Dimana ΔL didapatkan dari persamaan,

$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \frac{(\epsilon_{eff}+0.3)\left(\frac{W}{h}+0.624\right)}{(\epsilon_{eff}-0.258)\left(\frac{W}{h}+0.8\right)} \quad (\text{II.8})$$

Keterangan :

W = lebar patch (m)

f_r = frekuensi kerja antenna (Hz)

ϵ_r = konstanta dielektrik

ϵ_{reff} = konstanta dielektrik efektif

v_0 = kecepatan cahaya di ruang bebas (3×10^8 m/s)

L = panjang patch (m)

ΔL = pertambahan panjang akibat fringing effect (mm)

h = tinggi dielektrik (mm)

3. Perhitungan Luas Ground Plane dan Substrat

$$L_g = 6h + L$$

$$W_g = 6h + W$$

$$L_g = L_s$$

$$W_g = W_s$$

Keterangan :

L_g = Panjang Ground Plane (mm)

L_s = Panjang Substrat (mm)

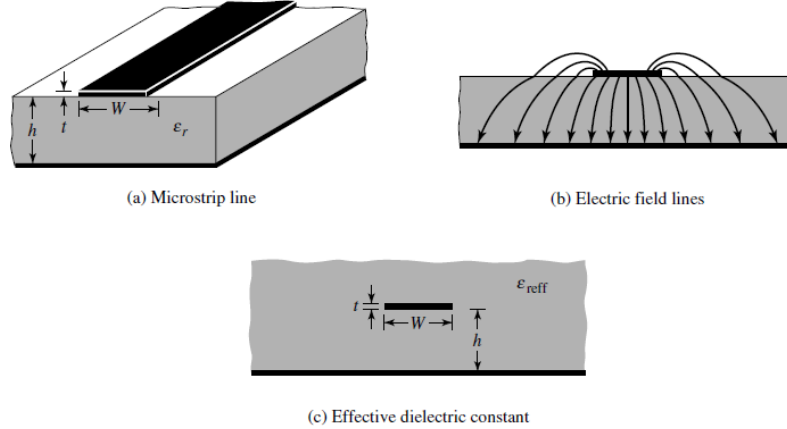
W_g = Lebar Ground Plane (mm)

W_s = Lebar Substrat (mm)

II.3.5 Fringing Effect

Pada dasarnya antenna mikrostrip dapat dimodelkan sebagai suatu saluran yang terdiri dari 2 buah konduktor (*patch* dan *groundplane*) dan dipisahkan oleh substrat yang memiliki konstanta dielektrik ϵ_r . Konduktor pada saluran mikrostrip tidak bersifat *perfectly magnetic conducting* sehingga medan elektromagnetik yang timbul tidak sepenuhnya tegak lurus terhadap *patch* maupun *groundplane*. Fenomena ini kemudian disebut *fringing effect*.

Fringing effect ini menyebabkan sebagian medan elektromagnetik meradiasi ke udara dan sebagian lagi ke dalam substrat seperti yang ditunjukkan pada gambar 2. Oleh karena itu terdapat 2 jenis dielektrik yang melingkupi saluran mikrostrip, yaitu dielektrik dengan bahan udara ($\epsilon_r = 1$) dan substrat yang memiliki dielektrik $\epsilon_r > 1$. Dengan demikian saluran mikrostrip ini, secara keseluruhan, dapat kita lihat sebagai sebuah saluran dengan dielektrik homogen yang besarnya $1 < \epsilon_{eff} < \epsilon_r$. Konstanta dielektrik ini disebut konstanta dielektrik efektif (*effective dielectric constant*).



Gambar-2. Fringing Effect

Besarnya ϵ_{eff} didapat dari persamaan:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\left[1 + \frac{12h}{W} \right]^{-\frac{1}{2}} + 0.04 \left[1 - \frac{W}{h} \right]^2 \right) \quad W/h \leq 1$$

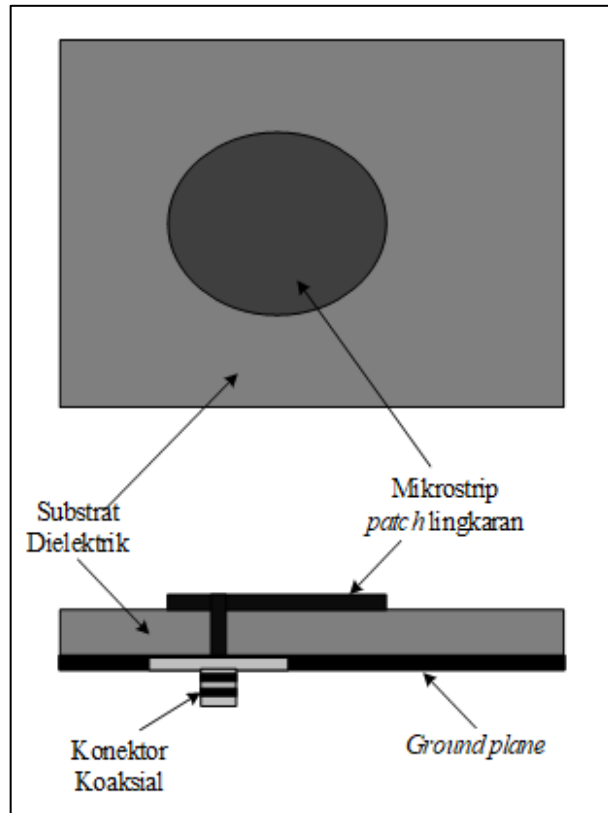
$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\left[1 + \frac{12h}{W} \right]^{-\frac{1}{2}} \right) \quad W/h \geq 1$$

II.3.6 Pencatuan

Pada umumnya terdapat 4 teknik pencatuan yang digunakan untuk merancang sebuah antena mikrostrip. Masing-masing teknik memiliki kelebihan dan kelemahan tersendiri. Diantaranya *microstrip line*, *proximity coupled*, *coaxial probe* dan *aperture coupled*. Dalam penelitian ini akan menggunakan teknik pencatuan *coaxial probe*

Coaxial Probe atau *probe feed* adalah teknik yang sangat umum digunakan untuk pencatuan antena *patch* mikrostrip. Konduktor dalam konektor koaksial meluas melalui dielektrik dan disolder ke *radiating patch*, sedangkan konduktor luar terhubung ke *ground plane*. Keuntungan utama dari skema pencatuan jenis ini adalah bahwa pencatuan dapat ditempatkan pada setiap lokasi yang diinginkan di dalam *patch* untuk mencocokkan dengan impedansi input. Namun, kelemahan utamanya adalah *bandwidth* yang sempit dan sedikit terdapat kesulitan untuk memodelkan karena lubang harus dibor di substrat dan konektor menjorok di luar *ground plane*, sehingga substrat yang digunakan harus benar-benar tipis karena untuk substrat yang lebih tebal, peningkatan panjang probe membuat impedansi input lebih induktif, yang mengarah ke masalah *matching*.

Teknik *Coaxial probe* ini meletakkan *probe* pada titik dimana impedansi input dari *patch* sebanding dengan impedansi karakteristik dari saluran pencatu coaxial. Pencatuan dengan menggunakan *coaxial probe* dapat memudahkan proses fabrikasi antena karena proses pengeboran substrat dapat dibor dengan menggunakan bor tangan.

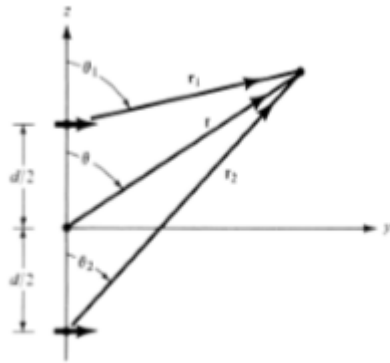


II.3.7 Antena Susun

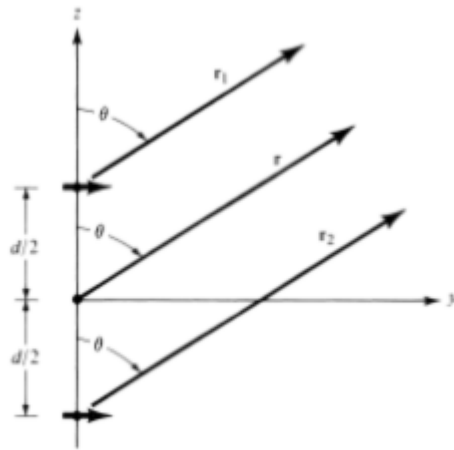
Antenna array adalah antenna yang disusun oleh dua elemen atau lebih sedemikian rupa untuk menghasilkan pola radiasi yang diinginkan. Pada penelitian ini antenna yang disusun adalah antenna *rectangular* sebanyak empat elemen dengan pola susun kolinier. Dengan membuat antenna susun kolinier empat elemen ini akan membuat *gain* antenna menjadi lebih tinggi, meningkatkan direktivitas antenna, serta mengarahkan antenna daya pancar antenna menuju ke sektor yang diinginkan.

Pada antenna susun terdapat Array Factor (AF) dimana AF ini menjadi vektor pengali dari sebuah medan elektrik dari elemen tunggal. Dengan array factor ini bisa ditentukan bagaimana pola radiasinya dan juga tingkat daya yang diradiasikan oleh antenna tersebut.

Jika dimisalkan antenna yang sedang diteliti adalah jenis antenna dipol horizontal yang terdiri dari 2 elemen seperti terlihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2.1 *two infinitesimal dipoles*



Gambar 2.2 Far-field observation

Dari gambar di atas dapat diperoleh medan total (E_t) yang diradiasikan oleh kedua elemen pada antenna dipol tersebut adalah sebagai berikut.

$$E_t = E_1 + E_2 = \hat{a}_y j\eta \frac{k I_0 l}{4\pi} \left\{ \frac{e^{-j[kr_1 - (\frac{\beta}{2})]}}{r_1} \cos \theta_1 + \frac{e^{-j[kr_2 - (\frac{\beta}{2})]}}{r_2} \cos \theta_2 \right\} \quad (\text{II.9})$$

Dimana β adalah perbedaan dalam fase eksitasi antar elemen. Besarnya eksitasi radiator sama. Jika ditinjau dari pengamatan medan secara jarak jauh dan berdasarkan pada gambar II.9 maka :

$$\begin{aligned}
\theta_1 &\cong \theta_2 \cong \theta \\
r_1 &\cong r - \frac{d}{2} \cos \theta \\
r_1 &\cong r + \frac{d}{2} \cos \theta \\
r_1 &\cong r_2 \cong r
\end{aligned}
\tag{II.10}$$

Sehingga persamaannya menjadi

$$E_t = \hat{a}_\theta j\eta \frac{k I_0 l e^{-jkr}}{4\pi r} \cos \theta [e^{+j(kd \cos \theta + \beta)/2} + e^{-j(kd \cos \theta + \beta)/2}] \tag{II.11}$$

$$E_t = \hat{a}_\theta j\eta \frac{k I_0 l e^{-jkr}}{4\pi r} \cos \theta \left\{ 2 \cos \left[\frac{1}{2} (kd \cos \theta + \beta) \right] \right\} \tag{II.12}$$

Berdasarkan persamaan di atas dapat disimpulkan bahwa medan total dari array sama dengan medan dari elemen tunggal yang dikalikan dengan array factor. Untuk 2 elemen array nilai array factor (AF) adalah sebagai berikut.

$$AF = 2 \cos \left[\frac{1}{2} (kd \cos \theta + \beta) \right]$$

Persamaan tersebut dinormalisasi menjadi :

$$(AF)_n = 2 \cos \left[\frac{1}{2} (kd \cos \theta + \beta) \right]$$

Array factor adalah fungsi geometri dari array dan fase eksitasi. Dengan memvariasikan pemisahan d dan/ atau fase β antara elemen, karakteristik dari array factor dan total bidang array dapat dikontrol.

Setiap array memiliki faktor array sendiri. Faktor array secara umum adalah fungsi dari jumlah elemen, susunan geometrisnya, besaran relatifnya, kemiringannya, fase

relatif dan jarak antar elemen. Faktor array akan menjadi bentuk yang lebih sederhana jika elemen memiliki amplitudo, fasa dan jarak yang identik.