

Antena dan Propagasi (TTH3G3)



Dosen :

Yussi Perdana Saputera, ST., MT.

Modul ke 4

SUSUNAN ANTENA

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

2020

**“Kalau bukan anak bangsa ini
yang membangun bangsanya, siapa lagi?
Jangan saudara mengharapkan orang lain
yang datang membangun bangsa kita”
(BJ Habibie)**



Modul 3 *Impedansi Antena*

- A. Pendahuluan
- B. Impedansi Antena Linear Tipis
- C. Impedansi Gandeng Antar 2 Antena
- D. Pengaruh Tanah
- E. Impedansi Susunan n-Elemen Identik
- F. Transformasi Impedansi
- Lampiran Tabel

Modul 3 *Susunan Antena*

- A. Pendahuluan page 3
- B. Konsep Dasar Susunan page 7
- C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis page 26

A. Pendahuluan

Dalam kuliah **Medan Elektromagnetika II (Telekomunikasi)** kita sudah mengenal penjumlahan/ superposisi medan.

Telah dikenal bahwa medan total disuatu titik merupakan superposisi dari medan-medan yang datang dititik tersebut (medan-medan datang dan/atau medan pantul).

$$\vec{E}_t = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots$$

Dalam hal antena, medan total (magnituda dan fasa) dari suatu susunan antena tergantung dari magnituda dan fasa dari medan-medan yang dihasilkan masing-masing elemen antena.

Fasa dari medan-medan yang datang dari masing-masing elemen antena **berbeda** karena adanya perbedaan jarak yang ditempuh masing-masing gelombang.

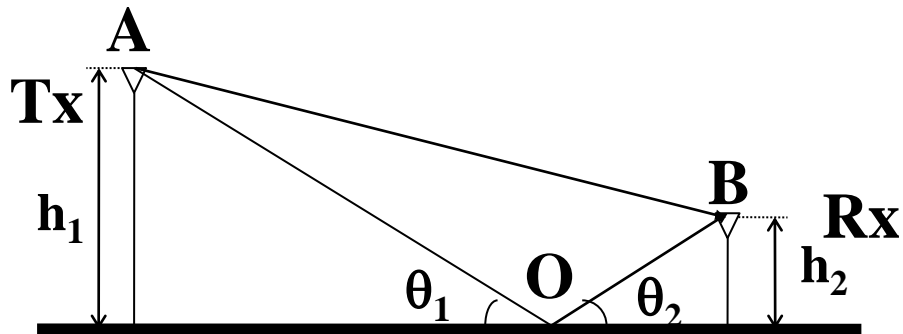
Jika perbedaan jarak tempuh dua buah gelombang adalah Δd , maka beda fasa antara kedua gelombang tersebut pada titik observasi adalah :

$$\Delta\phi = \beta \cdot \Delta d = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta d$$

A. Pendahuluan

Contoh..

Lihat gelombang langsung dan gelombang pantul di bawah ini ..



Di penerima (titik B), medan total adalah penjumlahan / superposisi dari gelombang langsung dan gelombang pantul

Gelombang Langsung (E_{S1})
(Melalui lintasan AB)

$$E_{S1} = E_0 e^{j\varphi_1}$$

Gelombang Pantul (E_{S2})
(Melalui lintasan AOB)

$$E_{S2} = E_0 e^{j\varphi_2}$$

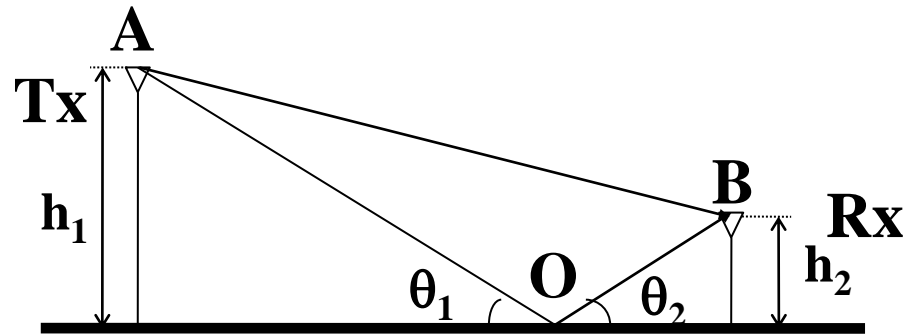
Beda fasa antara kedua gelombang,

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = \beta \Delta d = \frac{2\pi}{\lambda} (AOB - AB) \quad \left| \quad \beta = \text{konstanta fasa (rad/m)} \right.$$

A. Pendahuluan

Persamaan medan totalnya menjadi...

$$\begin{aligned} E_t &= E_{S1} + E_{S2} \\ &= E_0 e^{j\varphi_1} + E_0 e^{j\varphi_2} \\ &= E_0 (e^{j\varphi_1} + e^{j\varphi_2}) \\ &= E_0 (e^{j\varphi_1} + e^{j(\varphi_1 + \Delta\varphi)}) \end{aligned}$$



Jika medan E_{S1} dianggap sebagai referensi (fasanya dianggap = 0), maka akan didapat persamaan :

$$E_t = E_0 (1 + e^{j\Delta\varphi})$$



A. Pendahuluan

Susunan Antena

- **Konsep Dasar Susunan**
 - a. **Susunan 2 antena isotropik untuk berbagai kasus** (amplitudo dan fasa sama, amplitudo sama fasa berbeda, amplitudo dan fasa berbeda), meliputi : (1) persamaan medan total susunan, (2) penentuan letak medan maksimum dan minimum, (3) diagram arah medan dan fasa
 - b. **Prinsip perkalian diagram dan sintesa pada susunan antena sejenis**, meliputi : syarat-syarat, teknik perkalian, dan sintesa
- **Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis**
 - a. **Distribusi Arus Uniform**, meliputi : penurunan persamaan medan total susunan, arah maksimum dan minimum, Array Factor, gain susunan, teknik desain antena
 - b. **Distribusi Arus Non Uniform**, terdiri dari : (1) Susunan Binomial (2) Susunan Optimum (Dolph Tchebyschef), (3) Susunan Edge
- **Macam-Macam Susunan**
 - a. **Susunan Distribusi Arus Kontinyu**
 - b. **Susunan Antena Parasit**
 - c. **Susunan Antena Log Perodik**
- **Pencatuan Susunan**

B. Konsep Dasar Susunan

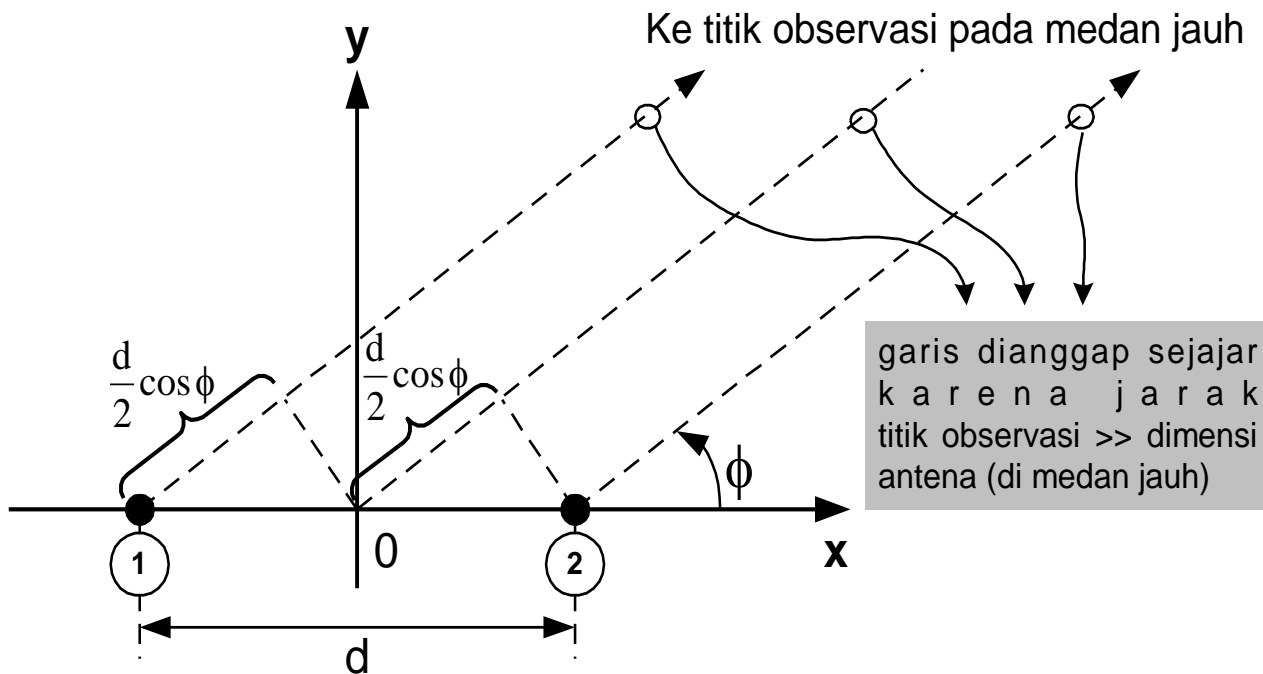
B.1. Tujuan Membuat Susunan / Array Antena.....

- Mendapatkan diagram arah dengan pola tertentu (*beam forming*)
- Mendapatkan diagram arah dengan pengendalian arah tertentu (*beam steering*)

B.2. Susunan 2 Sumber Titik Isotropis

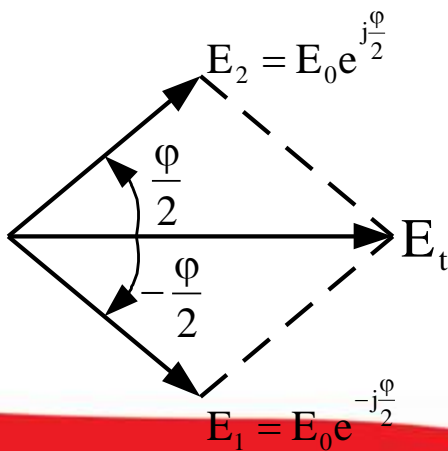
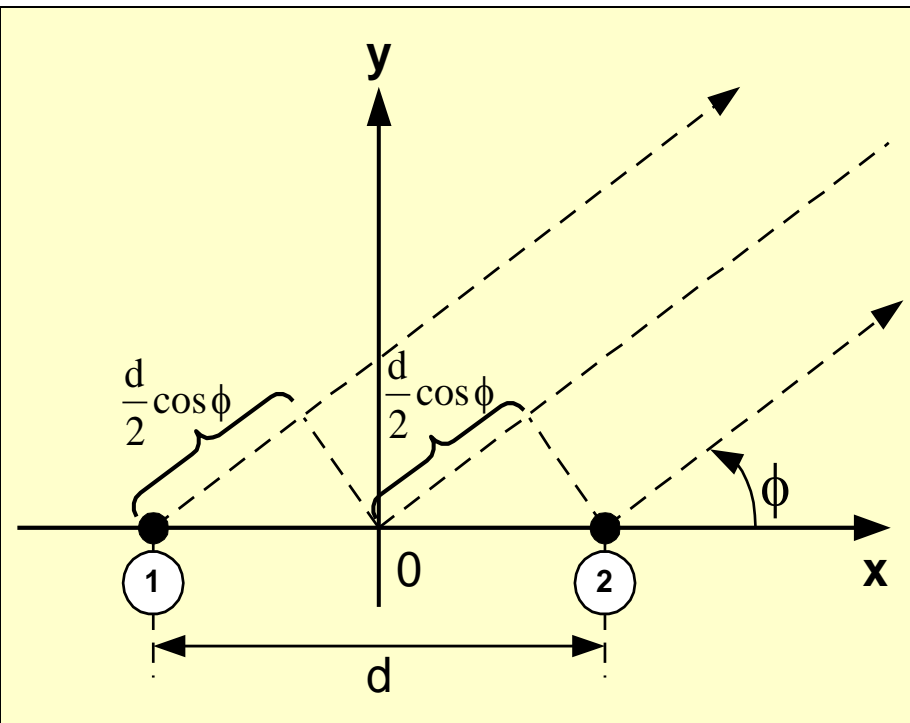
Lihat susunan 2 sumber isotropis di bawah ini !

Interpretasi gambar..



- 2 sumber isotropis dipisahkan oleh jarak d
- Titik observasi adalah ke arah sudut ϕ dari sumbu horisontal (sumbu-x)
- Garis orientasi dari sumber-sumber isotropis menuju titik observasi dianggap sejajar karena d (jarak antar sumber isotropis) \ll daripada jarak antenna menuju titik observasi

B. Konsep Dasar Susunan



Kasus 1 : Amplitudo dan Fasa Sama

• Referensi titik 0...

Jika titik O dianggap sebagai referensi (dianggap sbg titik dengan fasa = 0), maka E_1 akan *tertinggal* sebesar :

$$\frac{\phi}{2} = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{d}{2} \cos \phi$$

dan medan E_2 akan *mendahului* sebesar :

$$\frac{\phi}{2} = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{d}{2} \cos \phi$$

Sehingga, medan gabungan E_t dapat dituliskan sebagai berikut :

$$E_t = E_0 e^{j\frac{\phi}{2}} + E_0 e^{-j\frac{\phi}{2}}$$

B. Konsep Dasar Susunan

$$E_t = E_0 e^{j\frac{\varphi}{2}} + E_0 e^{-j\frac{\varphi}{2}}$$



$$E_t = 2E_0 \left(\frac{e^{j\frac{\varphi}{2}} + e^{-j\frac{\varphi}{2}}}{2} \right)$$



Jadi, untuk referensi titik 0

$$E_t = 2E_0 \cos \frac{\varphi}{2}$$

dengan,

$$\varphi = d_r \cos \phi \quad \left| \quad d_r = \frac{2\pi}{\lambda} d \right.$$

Kasus 1 : Susunan Isotropik Amplitudo dan Fasa Sama

Medan **maksimum** terjadi ketika, ($d = \frac{1}{2} \lambda$)

$$\cos \frac{\varphi}{2} = 1 \Rightarrow \frac{\pi}{\lambda} d \cos \phi_m = 0$$

$$\Rightarrow \cos \phi_m = 0$$

$$\Rightarrow \phi_m = \frac{\pi}{2}, \frac{3}{2} \pi$$

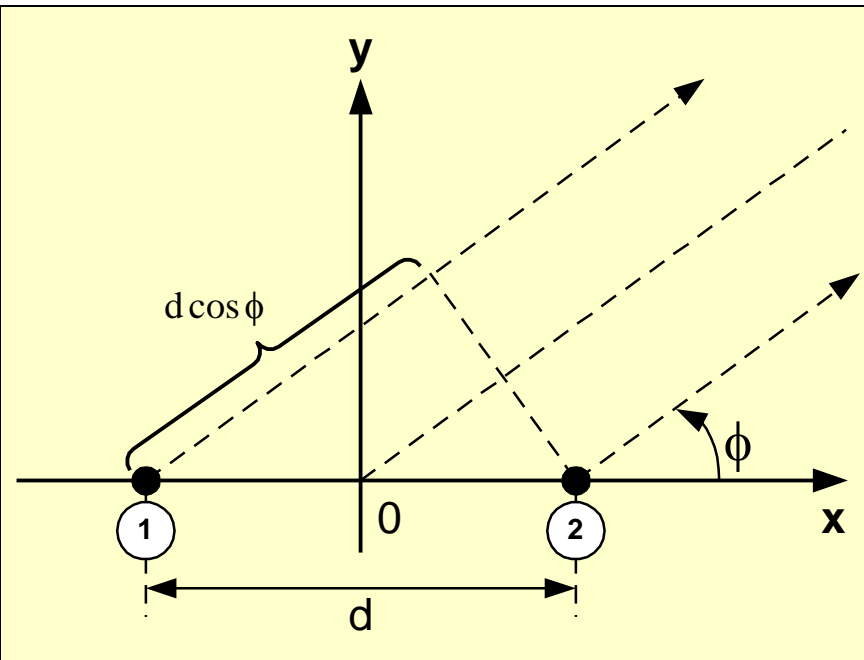
Medan **minimum** terjadi ketika, ($d = \frac{1}{2} \lambda$)

$$\cos \frac{\varphi}{2} = 0 \Rightarrow \frac{\pi}{\lambda} \frac{1}{2} \lambda \cos \phi_0 = \frac{\pi}{2}$$

$$\Rightarrow \phi_0 = 0, \pi$$

mencari medan maksimum dan minimum
dimaksudkan untuk menggambar diagram arah medan

B. Konsep Dasar Susunan



Kasus 1 : Susunan Isotropik Amplitudo dan Fasa Sama

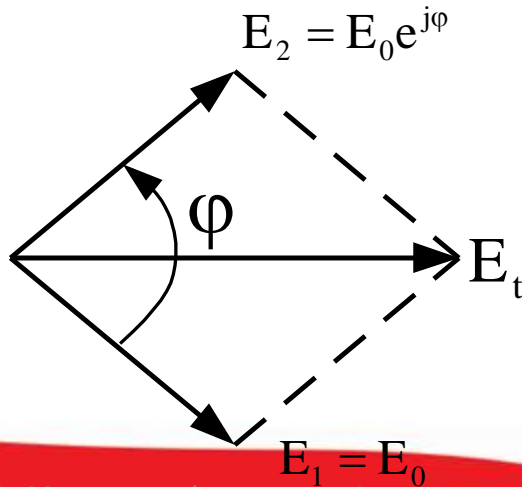
- **Referensi titik 1...**

Jika titik 1 dianggap sebagai referensi (dianggap sbg titik dengan fasa = 0), maka E_2 akan *mendahului* sebesar :

$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} d \cos \phi$$

Sehingga, medan gabungan E_t dapat dituliskan sebagai berikut :

$$E_t = E_0 + E_0 e^{j\varphi}$$



B. Konsep Dasar Susunan

$$E_t = E_0 + E_0 e^{j\varphi}$$



$$E_t = 2E_0 e^{j\frac{\varphi}{2}} \left(\frac{e^{j\frac{\varphi}{2}} + e^{-j\frac{\varphi}{2}}}{2} \right)$$



Jadi, untuk referensi titik 1

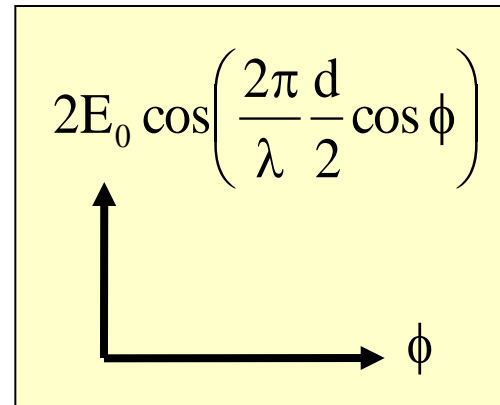
$$E_t = 2E_0 \cos \frac{\varphi}{2} e^{j\frac{\varphi}{2}}$$

dengan,

$$\varphi = d_r \cos \phi \quad \left| \quad d_r = \frac{2\pi}{\lambda} d$$

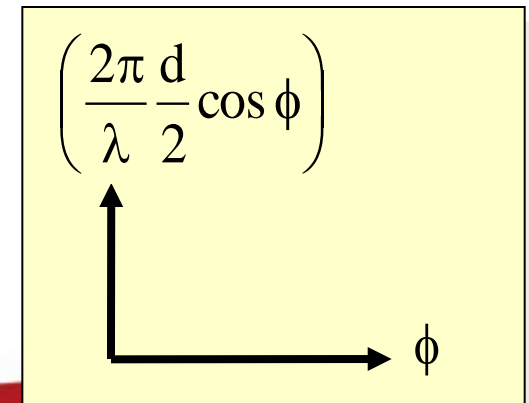
Kasus 1 : Susunan Isotropik Amplitudo dan Fasa Sama

$$E_t = \underbrace{2E_0 \cos \frac{\varphi}{2}}_{\text{magnituda}} \underbrace{\angle \frac{\varphi}{2}}_{\text{fasa}}$$



**Diagram
Arah Medan**

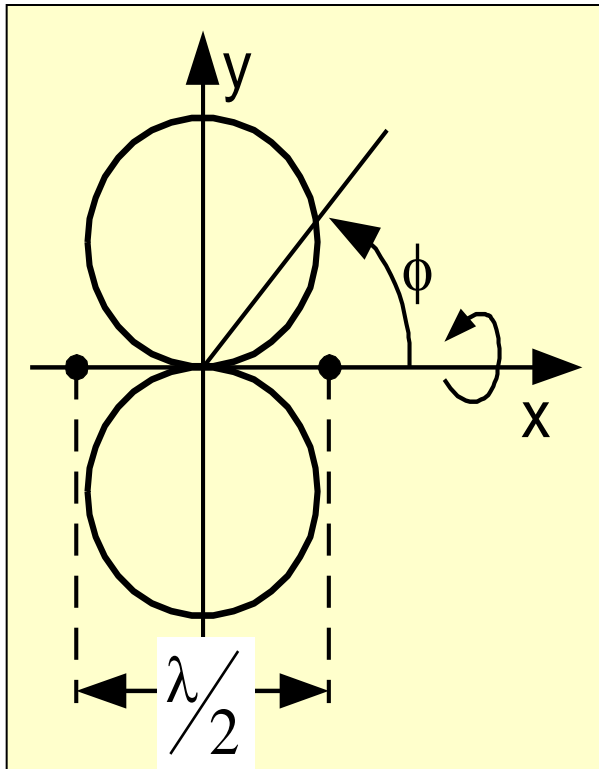
**Diagram
Fasa**



B. Konsep Dasar Susunan

Diagram arah medan

Berbentuk “Donat”

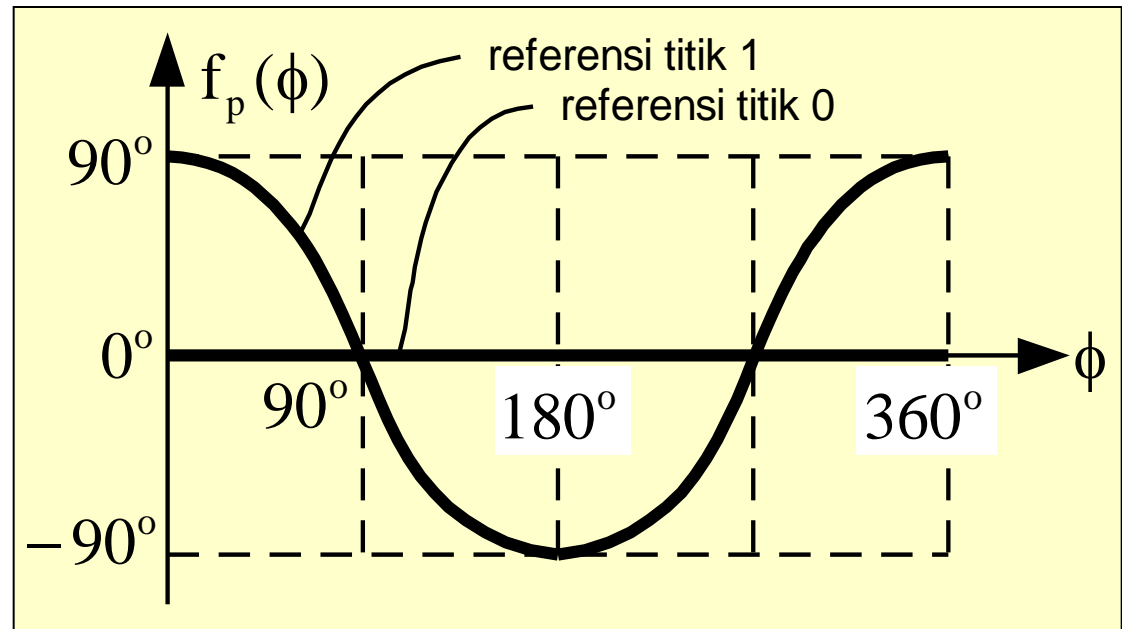


$$E_t = 2E_0 \cos\left(\frac{1}{2}\left(\frac{2\pi}{\lambda} d \cos \phi\right)\right)$$

Lihat cara mencari arah maksimum dan minimum pada slide 9 !!

Kasus 1 : Susunan Isotropik Amplitudo dan Fasa Sama

Diagram arah fasa



Ref. titik 0

$$E_t = 2E_0 \cos \frac{\phi}{2}$$

Ref. titik 1

$$E_t = 2E_0 \cos \frac{\phi}{2} \angle \frac{\phi}{2}$$

magnituda fasa

B. Konsep Dasar Susunan

Pengaruh perbedaan fasa arus...

Beda fasa pada medan-medan yang dihasilkan oleh 2 antena yang dicatu dengan amplitudo arus yang sama di titik jauh disebabkan karena jarak relatif antara dua antena tersebut, dinyatakan oleh :

$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} d \cos \phi$$

Jika dua antena tersebut dicatu oleh arus dengan beda fasa tertentu, maka beda fasa antara medan-medan yang dihasilkan dinyatakan oleh :

$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} d \cos \phi + \Delta\phi$$

$$= d_r \cos \phi + \Delta\phi$$

beda fasa medan karena perbedaan jarak relatif antar sumber

beda fasa medan karena beda fasa arus catuan sumber

Kasus 2 :

Amplitudo Sama, Beda Fasa 180o

- **Referensi titik 0...**

$$E_t = 2E_0 \cos \frac{\varphi}{2} \quad \left| \quad \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} d \cos \phi + \pi \right.$$

$$E_t = 2E_0 \cos \left[\frac{\pi}{\lambda} d \cos \phi + \frac{\pi}{2} \right]$$

Harga maksimum, $d = \frac{1}{2}\lambda$

$$\frac{\pi}{2} \cos \Phi_m = \pm (2k + 1) \frac{\pi}{2}$$

$$\phi_m = 0, \pi$$

B. Konsep Dasar Susunan

Harga minimum, $d = \frac{1}{2}\lambda$

$$\frac{\pi}{2} \cos \Phi_0 = \pm k\pi$$

$$\phi_0 = \frac{\pi}{2}, \frac{3}{2}\pi$$

Harga $\frac{1}{2}$ daya, $d = \frac{1}{2}\lambda$

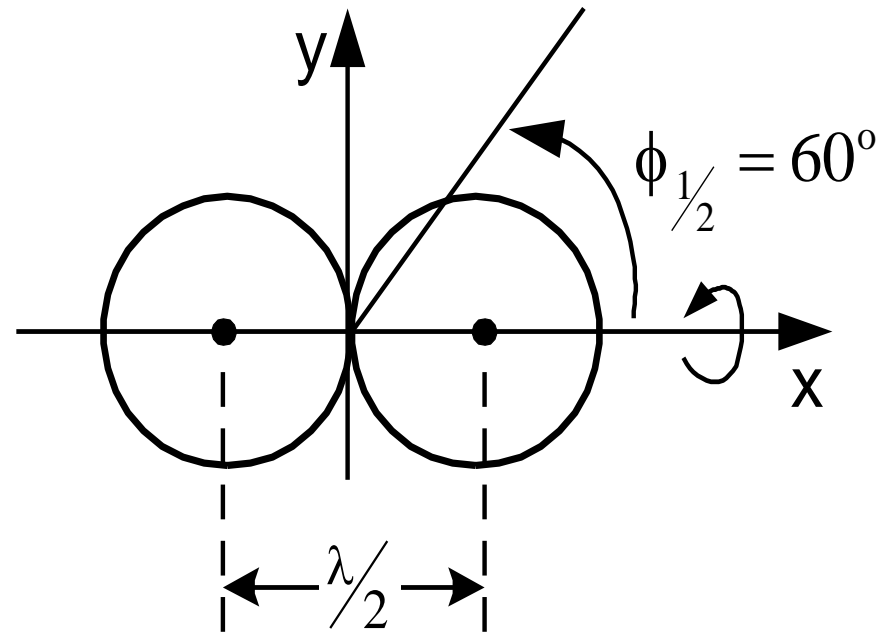
$$\cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \cos \phi + \frac{\pi}{2}\right) = \frac{1}{2} \sqrt{2} \quad \text{diagram arah medan}$$

$$\frac{\pi}{2} \cos \phi_{1/2} = \pm(2k+1)\frac{\pi}{4}$$

$$\phi_{1/2} = 60^\circ$$

$$\text{HPBW} = 2\phi_{1/2} = 120^\circ$$

Kasus 2 : Amplitudo sama, beda fasa 180o



B. Konsep Dasar Susunan

Kasus 3 : Amplitudo Sama, Beda Fasa 90o

• Referensi titik 0...

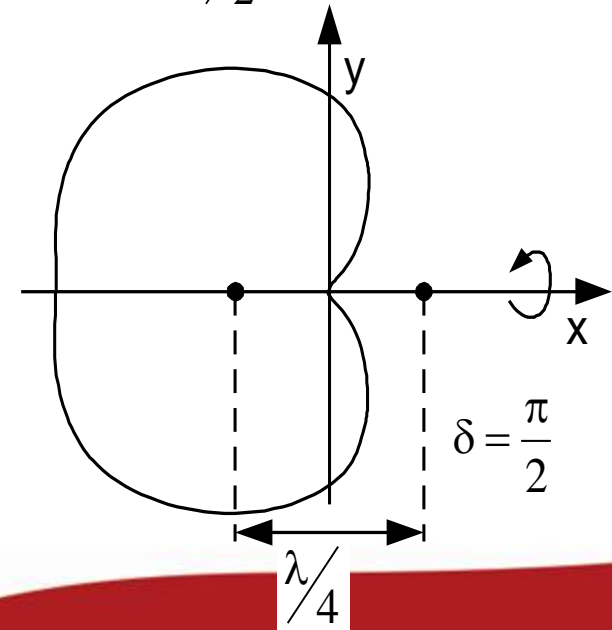
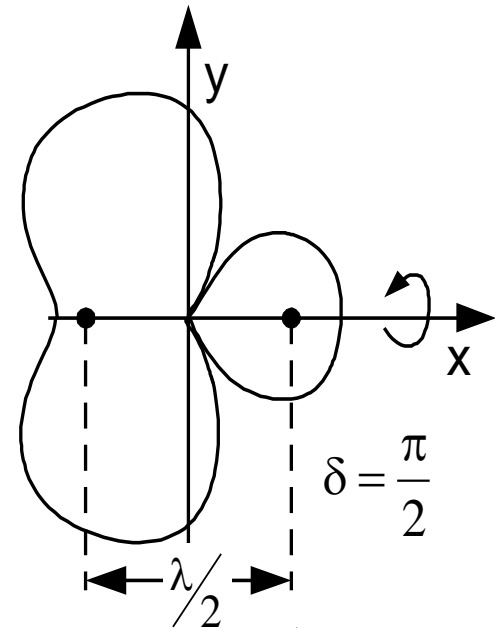
$$E_t = 2E_0 \cos \frac{\varphi}{2} \quad \left| \quad \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} d \cos \phi + \frac{\pi}{2} \right.$$

$$E_t = 2E_0 \cos \left[\frac{\pi}{\lambda} d \cos \phi + \frac{\pi}{4} \right]$$

Untuk menggambarkan diagram arah fungsi tidak sederhana, hitunglah untuk nilai medan untuk nilai maksimum dan minimum, serta terutama untuk sudut-sudut istimewa. Buat tabel perhitungan sbb :

ϕ	$E_t(\phi)$
0	
10	
100	
dst	

setelah itu...plot !!



B. Konsep Dasar Susunan

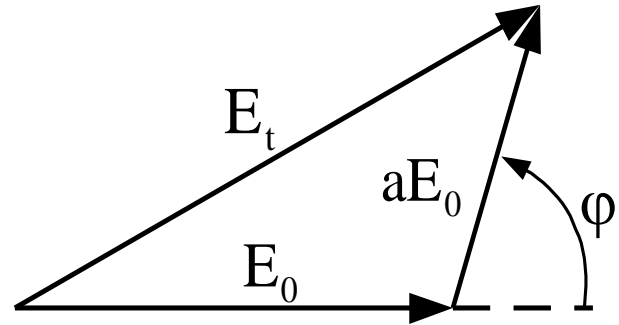
Kasus Umum : *Amplitudo Berbeda, Beda Fasa = δ*

- **Referensi titik 1**

Misal :

$$|E_1| = E_0 \text{ dan } |E_2| = aE_0$$

Beda fasa **sembarang !!**



Bentuk Umum :

$$E_t = E_0 \sqrt{(1 + a \cos \varphi)^2 + a^2 \sin^2 \varphi} \angle \tan^{-1} \left(\frac{a \sin \varphi}{1 + a \cos \varphi} \right)$$

dan,

$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} d \cos \phi + \delta$$



B. Konsep Dasar Susunan

B.3. Prinsip Perkalian Diagram dan Sintesa Pada Susunan Antena Sejenis

a. Perkalian Diagram...

- **Susunan antena** biasanya akan terdiri dari antena-antena sejenis. *Antena sejenis adalah antena yang memiliki diagram arah medan dan fasa yang sama*, dan orientasinya juga sama.
- Susunan dari sejumlah n antena-antena sejenis, dapat diperhatikan sebagai susunan sejumlah n sumber isotropik dengan catuan arus dan fasa tertentu, sehingga memiliki *Diagram Arah Medan (dan Diagram Fasa) yang terkoreksi* dengan diagram antena single-nya.
- Pada susunan antena yang sejenis, dapat dipakai **PRINSIP PERKALIAN DIAGRAM**
- Untuk susunan TAK ISOTROPIK DAN/ATAU TAK SEJENIS **TIDAK BERLAKU PRINSIP PERKALIAN DIAGRAM**

B. Konsep Dasar Susunan

- Misalkan suatu **antena A (1 buah)**, memiliki diagram arah yang dinyatakan sebagai berikut :

$$E_e = f(\theta, \phi).e^{jf_p(\theta, \phi)}$$

- Dan **susunan sejumlah – n** antenna isotropis memiliki diagram arah :

$$E_{ti} = E_0 F(\theta, \phi).e^{jF_p(\theta, \phi)}$$

- Maka, **susunan sejumlah – n antenna A**, akan memiliki diagram arah sesuai Prinsip Perkalian Diagram, sbb :

$$E_{te} = E_0 \underbrace{f(\theta, \phi) F(\theta, \phi)}_{\text{magnitudemedan}} \angle \underbrace{f_p(\theta, \phi) + F_p(\theta, \phi)}_{\text{fasa}}$$

EXAMPLE 5-3.1

Assume two identical point sources separated by a distance d , each source having the field pattern given by (1) as might be obtained by two short dipoles arranged as in Fig. 5-7. Let $d = \lambda/2$ and the phase angle $\delta = 0$. Then the total field pattern is

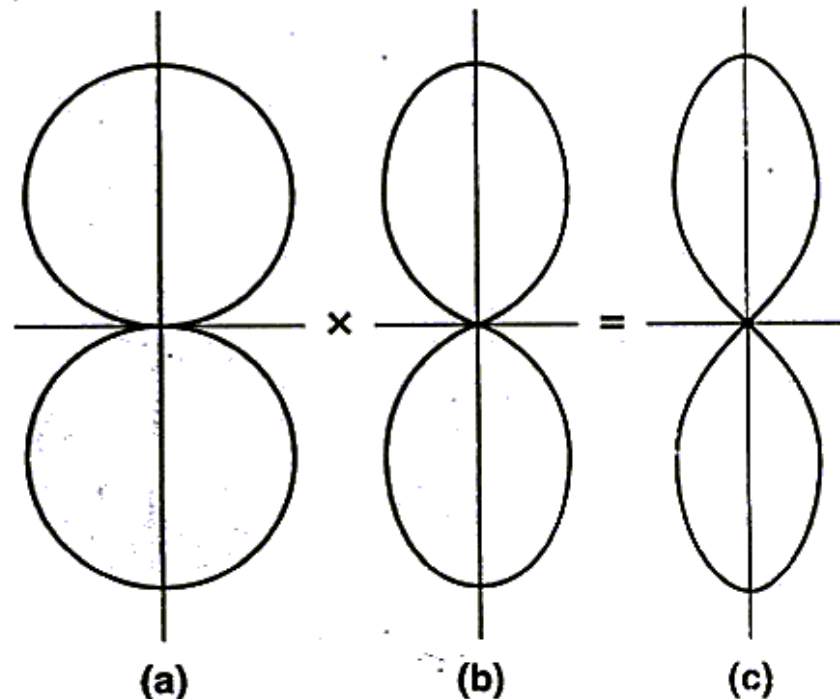
$$E = \sin \phi \cos \left(\frac{\pi}{2} \cos \phi \right) \quad (5)$$

This pattern is illustrated by Fig. 5-8c as the product of the individual source pattern ($\sin \phi$) shown at (a) and the array pattern $\{\cos[(\pi/2) \cos \phi]\}$ as shown at (b). The pattern is sharper than it was in Case 1 (Sec. 5-2) for the isotropic sources. In this instance, the maximum field of the individual source is in the direction $\phi = 90^\circ$, which coincides with the direction of the maximum field for the array of two isotropic sources.

JD Krauss, Marhefka, RJ,
"Antennas For All Applications",
 McGraw-Hill, 2002 page-100 →
KOLINIER

Figure 5-8

Example of pattern multiplication. Two nonisotropic but identical point sources of the same amplitude and phase, spaced $\lambda/2$ apart and arranged as in Fig. 5-7, produce the pattern shown at (c). The individual source has the pattern shown at (a), which, when multiplied by the pattern of an array of two isotropic point sources (of the same amplitude and phase) as shown at (b), yields the total array pattern of (c).



B. Konsep Dasar Susunan

JD Krauss, Marhefka, RJ, “*Antennas For All Applications*”, McGraw-Hill, 2002 page-101 → **SIDE BY SIDE**

Figure 5-9

Array of two nonisotropic sources with respect to the coordinate system.

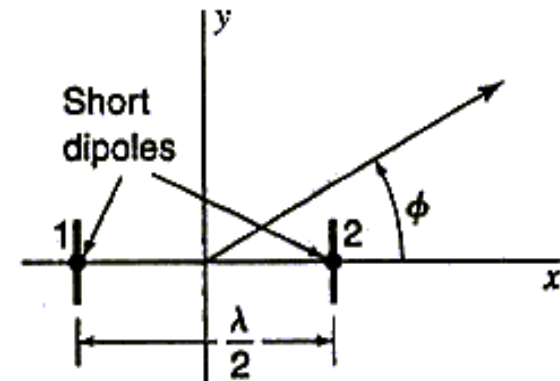
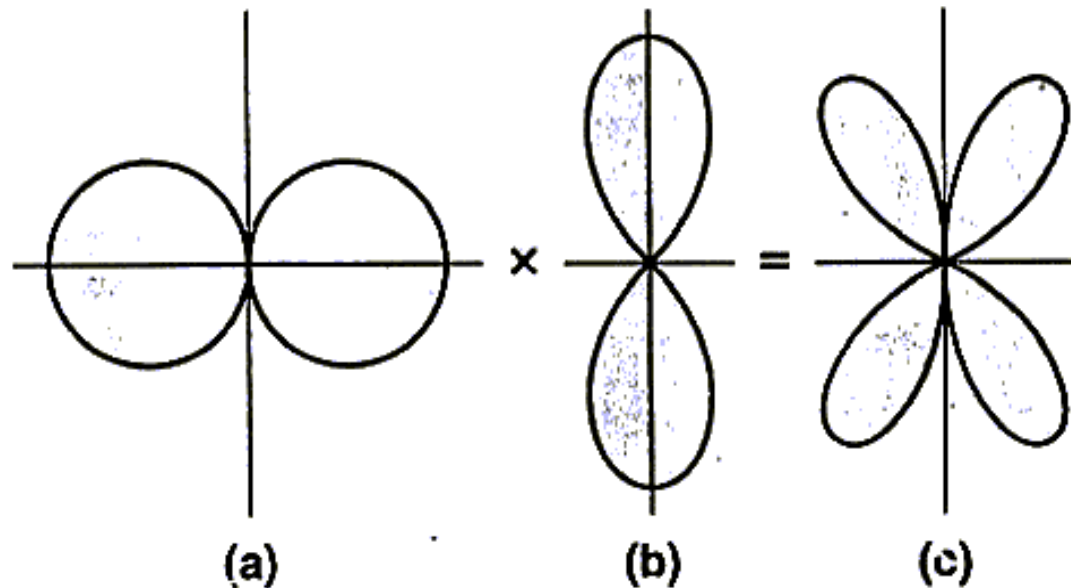


Figure 5-10

Example of pattern multiplication. Total array pattern (c) as the product of pattern (a) of individual nonisotropic source and pattern (b) of array of two isotropic sources. The pattern (b) for the array of two isotropic sources is identical with that of Fig. 5-8b, but the individual source pattern (a) is rotated through 90° with respect to the one in Fig. 5-8a.



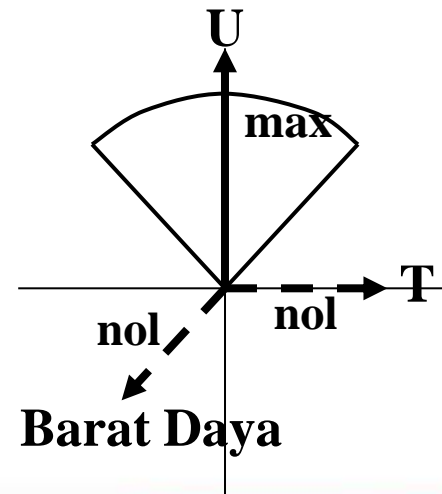
B. Konsep Dasar Susunan

b. Sintesa Diagram...

- **Definisi / tujuan sintesa** *Proses untuk mencari sumber atau susunan yang memberikan diagram arah sesuai keinginan designer*
- **Problem sintesa** *Sintesa diagram tidak selalu sederhana dan mungkin menghasilkan susunan yang kurang reliable. Salah satu sintesa yang sederhana adalah dengan menggunakan **Prinsip Perkalian Diagram***

- **Contoh persoalan sintesa**

Carilah susunan antena yang mempunyai diagram arah dengan radiasi maksimum ke arah utara ($\phi = 0$) dan radiasi minimum ke timur dan barat daya

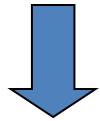


B. Konsep Dasar Susunan

- **Pada susunan primer**

Bentuk umum :

$$\boxed{E_t = 2E_0 \cos \frac{\varphi}{2}} \quad \left| \quad \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} d \cos \phi + \delta \right.$$



→ Misalkan kita tentukan **d = 0,3 λ**

$$\boxed{E_1 = \cos \frac{\varphi}{2}} \quad \text{dengan} \quad \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (0,3\lambda) \cos \phi + \delta = \boxed{0,6\pi \cos \phi + \delta}$$

$$E_1 = 0 \quad \text{Pada arah barat daya } (\phi = 135^\circ) \Rightarrow \varphi = (2k+1)\pi, k = 0,1,2,\dots dst$$

Maka :

$$-0,6\pi \frac{1}{\sqrt{2}} + \delta = (2k+1)\pi$$

$$\Rightarrow \boxed{\delta = (2k+1)\pi + 0,425\pi}$$

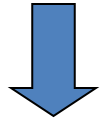
$$k = 0 \Rightarrow \boxed{\delta = -104^\circ}$$

B. Konsep Dasar Susunan

- **Pada susunan sekunder**

Bentuk umum :

$$E_t = 2E_0 \cos \frac{\varphi}{2} \quad \left| \quad \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} d \cos \phi + \delta \right.$$



→ Misalkan kita tentukan $d = 0,6 \lambda$

$$E_2 = \cos \frac{\varphi}{2} \quad \text{dengan} \quad \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (0,6\lambda) \cos \phi + \delta = 1,2\pi \cos \phi + \delta$$

$$E_2 = 0 \quad \text{Pada arah timur } (\phi = 270^\circ) \Rightarrow \delta = 180^\circ$$

- **Jadi, medan total hasil perkalian :**

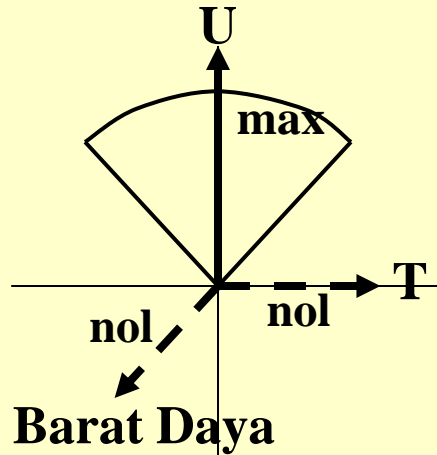
$$\begin{aligned} E_t &= E_1 \times E_2 = \cos \frac{(0,6\pi \cos \phi - 104^\circ)}{2} \times \cos \frac{(1,2\pi \cos \phi + 180^\circ)}{2} \\ &= \cos(54^\circ \cos \phi - 52^\circ) \cos(108^\circ \cos \phi + 90^\circ) \end{aligned}$$

B. Konsep Dasar Susunan

Ilustrasi

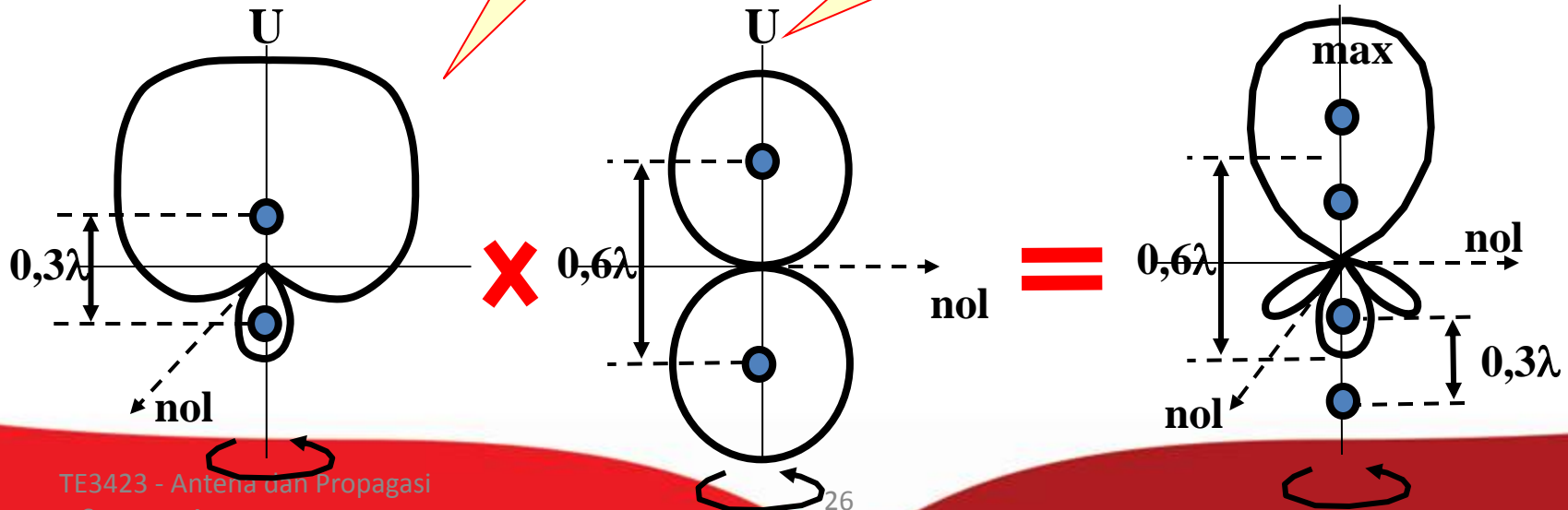
Syarat

Maximum ke arah utara, null ke arah timur ($-90^\circ = 270^\circ$) dan barat daya (135°)

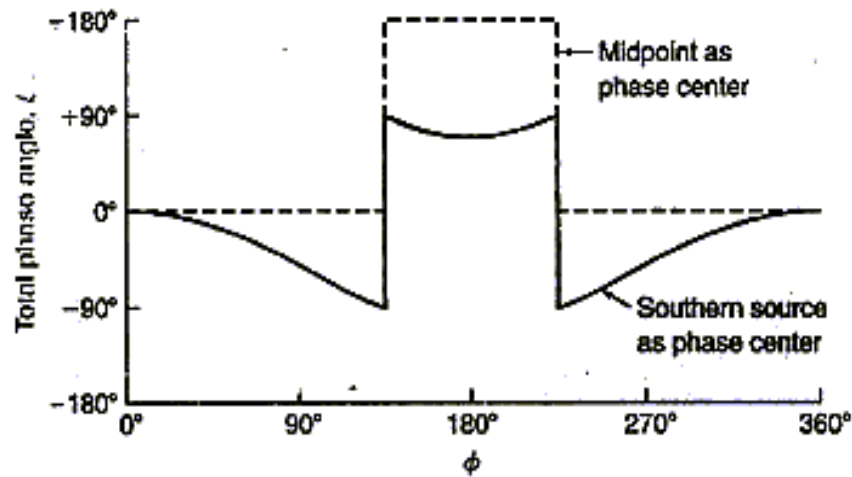


Null ke barat daya (135°), bisa diimplementasikan dengan susunan 2 antenna isotropik berjarak $0,3\lambda$ dengan beda fasa -104° .

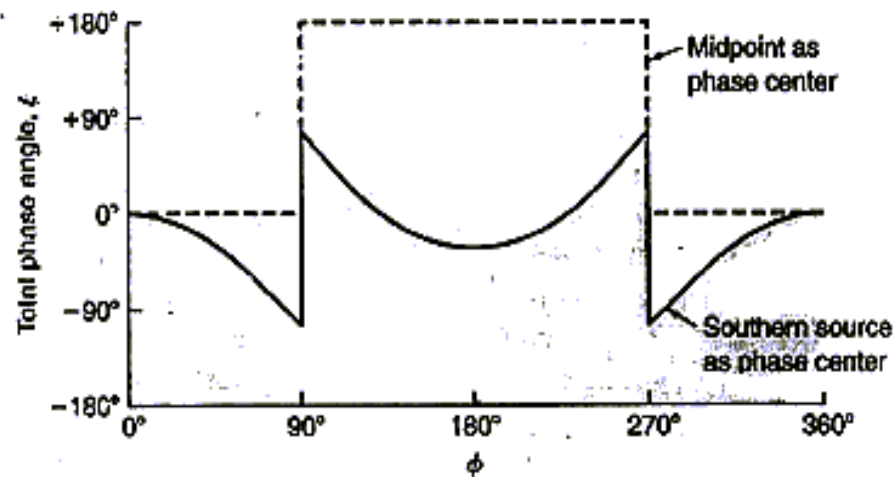
Null ke arah timur (-90°), bisa diimplementasikan dengan susunan 2 antenna isotropik berjarak $0,6\lambda$ dengan beda fasa -180° .



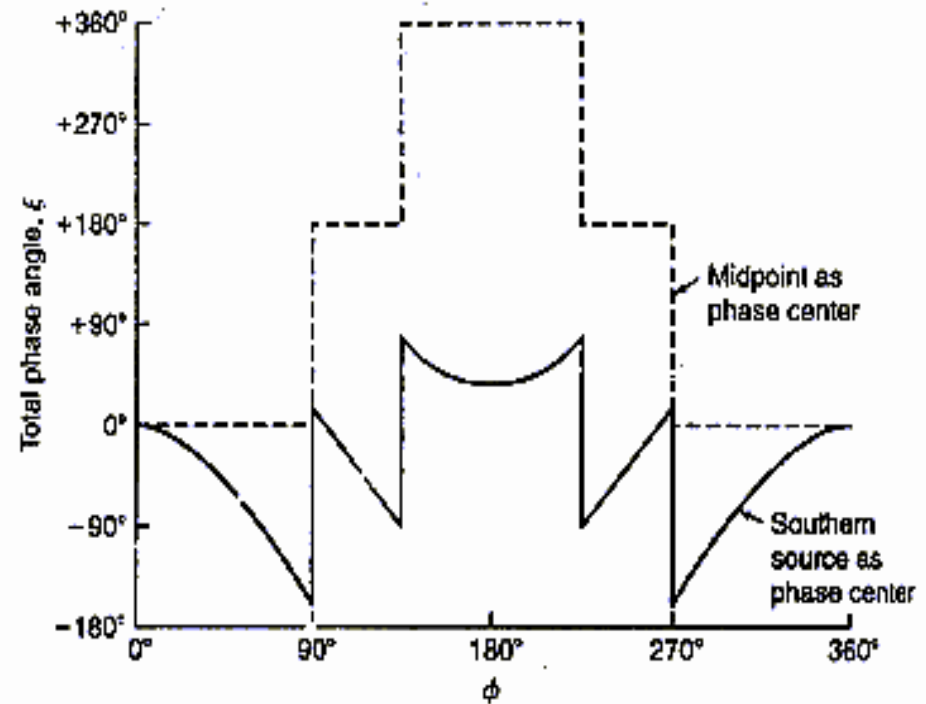
B. Konsep Dasar Susunan



(a) Primary pattern



(b) Secondary pattern



(c) Total pattern

C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

- Telah kita sepakati sebelumnya bahwa diagram arah medan maupun fasa dapat diubah-ubah dengan mengatur distribusi arus pada masing-masing elemen antenna
- Pada sub bab ini, dipakai elemen antenna isotropis dan kemudian dilihat pengaruh perubahan distribusi arus pada masing-masing elemen terhadap perubahan diagram arah dan fasa, gain susunan, dan sebagainya
- Distribusi arus yang diamati :
 - Distribusi arus uniform
 - Distribusi arus tak uniform

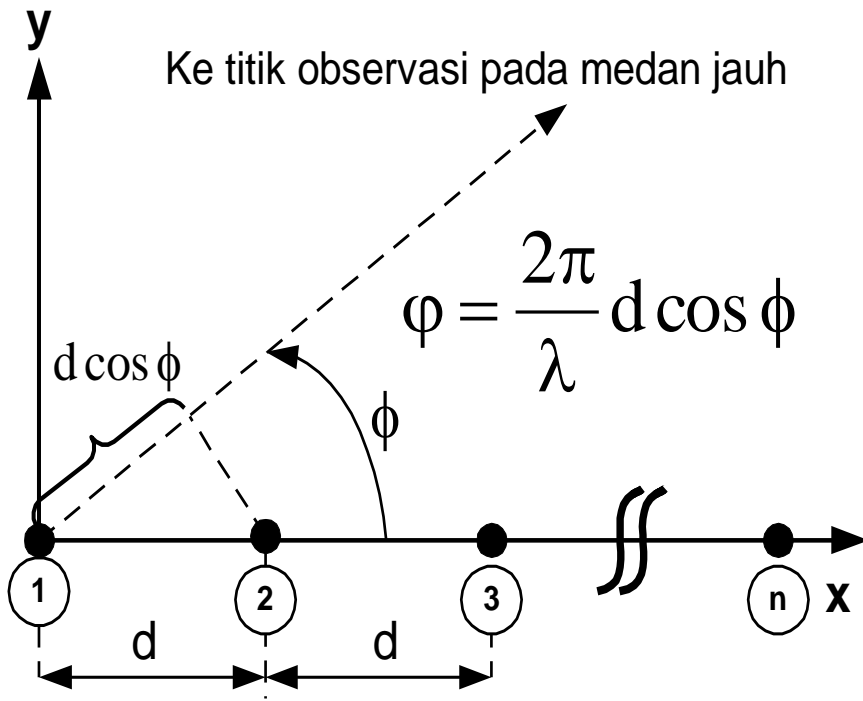
C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

C.1. Distribusi Arus Uniform

Pengantar

Kita memakai prinsip-prinsip yang sudah dipahami sebelumnya untuk menurunkan persamaan medan total yang dihasilkan oleh susunan sejumlah n antenna isotropis

Lihat gambar berikut,



• Referensi titik 1

Dengan dinormalisasikan terhadap E_o ,

$$E_{tn} = 1 + e^{j\phi} + e^{j2\phi} + \dots + e^{j(n-1)\phi}$$

$$E_{tn} e^{j\phi} = e^{j\phi} + e^{j2\phi} + e^{j3\phi} + \dots + e^{jn\phi}$$

$$E_{tn} (1 + e^{j\phi}) = 1 - e^{jn\phi} \quad \ominus$$

Didapatkan,

$$E_{tn} = \frac{1 - e^{jn\phi}}{1 - e^{j\phi}} = \frac{e^{jn\frac{\phi}{2}}}{e^{j\frac{\phi}{2}}} \left(\frac{e^{jn\frac{\phi}{2}} - e^{-jn\frac{\phi}{2}}}{e^{j\frac{\phi}{2}} - e^{-j\frac{\phi}{2}}} \right)$$

C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

Sehingga, didapatkan medan total ternormalisasi untuk referensi pada titik 1

$$E_{tn} = \frac{\sin\left(n \frac{\phi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\phi}{2}\right)} \angle \zeta$$

dimana, $\zeta = \frac{n-1}{2} \phi$

dan, $\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \cos \phi + \delta$

d = jarak spasi antar elemen
 δ = beda fasa antar catuan arus yang berdekatan

Dengan cara yang sama, kita bisa mendapatkan persamaan medan total ternormalisasi untuk referensi titik tengah, sbb :

$$E_{tn} = \frac{\sin\left(n \frac{\phi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\phi}{2}\right)}$$

Diagram fasa persamaan disamping berupa **STEP FUNCTION** yang diberikan dari polaritas (+/-) harga E_{tn}

Selanjutnya kita akan pelajari :



- Menurunkan syarat medan maksimum dan minimum
- *Array Factor*
- Konsep *Gain Susunan*
- Tinjauan berbagai kasus

C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

Medan Maksimum dan Minimum ...

Lihat kembali persamaan berikut !

$$E_{tn} = \frac{\sin\left(n \frac{\varphi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)}$$

- **Medan maksimum** terjadi jika *suku penyebut sama dengan atau mendekati nol*

$$\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right) \rightarrow 0 \text{ atau } \left(\frac{\varphi}{2}\right) \rightarrow 0 \text{ atau } \boxed{\varphi = 0}$$

Jika φ tidak pernah mencapai harga nol, maka medan maksimum terjadi jika φ mencapai harga **minimum**

- **Medan minimum** terjadi jika *suku pembilang sama dengan nol*

$$\sin\left(n \frac{\varphi}{2}\right) = 0 \text{ atau } n \frac{\varphi}{2} = \pm k\pi \Big|_{k=0,1,2,\dots \text{dst}}$$

Tetapi, k tidak boleh merupakan kelipatan dari n ($k \neq mn$, m integer) **PR : Mengapa ?**

C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

Array Factor ...

Array factor adalah normalisasi medan total susunan antena terhadap nilai maksimum dari medan total susunan tersebut

$$\text{ArrayFactor} = AF = E_N = \frac{E_t}{E_{\text{tmaks}}}$$

Contoh, lihat persamaan medan total sebelumnya !!

$$E_t = \frac{\sin\left(n \frac{\varphi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)}$$

E_{tmaks} tercapai pada φ mendekati 0

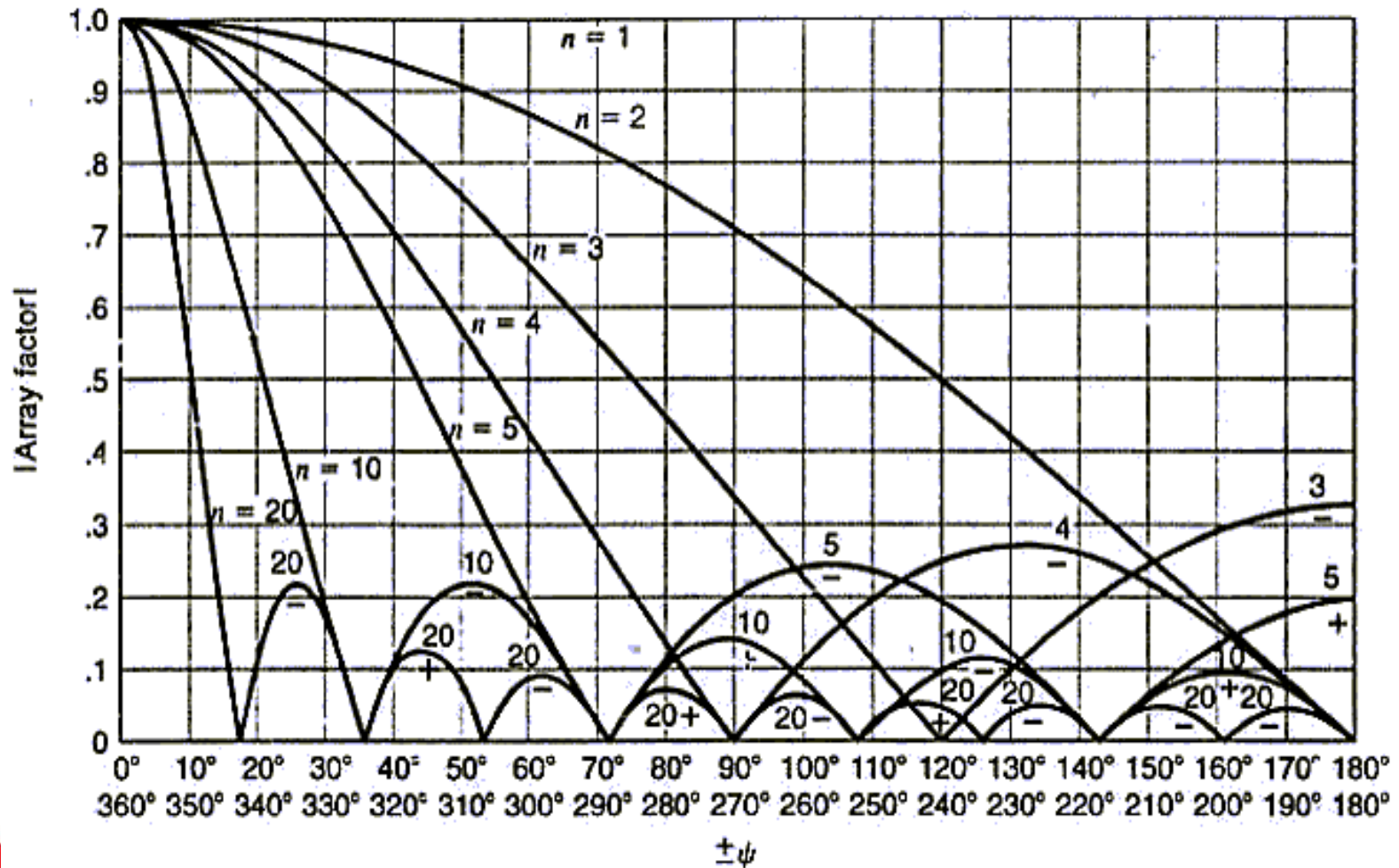
$$E_{\text{tmaks}} = \lim_{\varphi \rightarrow 0} \frac{\sin\left(n \frac{\varphi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)} = n$$
$$E_N = \frac{E_t}{E_{\text{tmaks}}}$$

Array Factor

$$E_N = \frac{1}{n} \frac{\sin\left(n \frac{\varphi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)}$$

C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

Faktor susunan (untuk sejumlah sumber) dapat digambarkan sebagai fungsi ϕ . Jika ϕ adalah merupakan fungsi ϕ , maka nilai dari faktor susunan dan pola medan akan dapat langsung diketahui dari grafik di bawah ini !



C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

Gain Susunan (distribusi arus catuan

uniform) Jika daya W masuk pada 1 antena \rightarrow maka

$$|E_1| = E_0$$

- Jika daya W masuk pada n antena \rightarrow maka

$$|E_1'| = \frac{E_0}{\sqrt{n}}$$

- Dan $E_{t \text{ maks}} = n|E_1'| = n \frac{E_0}{\sqrt{n}} = E_0 \sqrt{n}$

- **Sehingga,**

- Penguatan Medan

$$G_F = \frac{E_0 \sqrt{n}}{E_0} = \sqrt{n}$$

- Penguatan Daya

$$G = (G_F)^2 = n$$

C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

Kasus 1 (Utk Distribusi Arus Uniform) – *Susunan Broadside*

Untuk menghasilkan *pola pancar broadside*, dapat dicapai dari contoh berikut :

$$n = 4, d = \frac{\lambda}{2}, \delta = 0$$

Arah maksimum, dicapai untuk $\varphi = d_r \cos \phi_m = 0$

didapat $\phi_m = \frac{\pi}{2}$ dan $\frac{3\pi}{2}$

Arah minimum, dicapai untuk

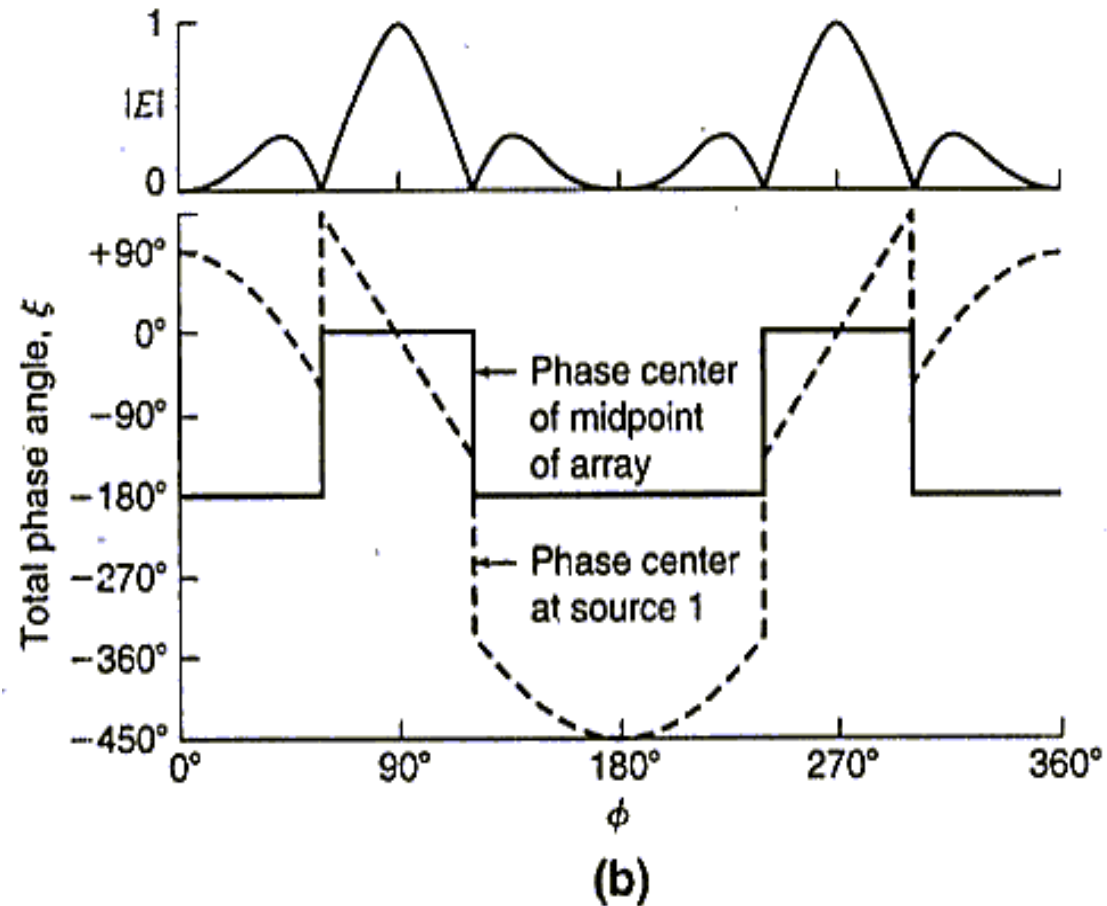
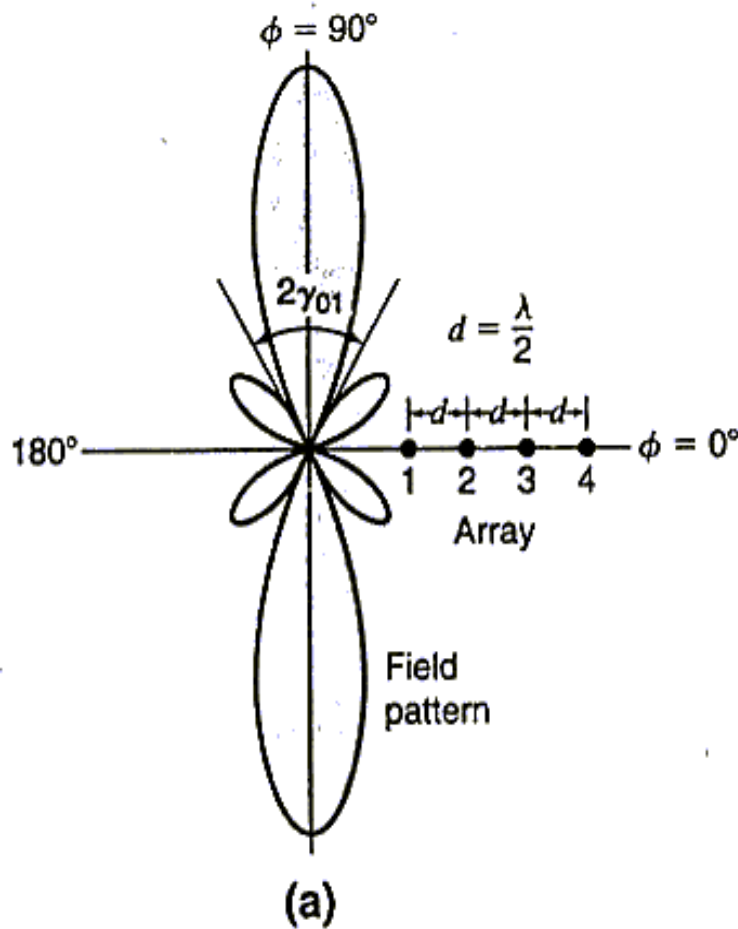
$$\sin\left(n \frac{\varphi}{2}\right) = 0 \longrightarrow n \frac{\varphi}{2} = \pm k\pi \mid_{k=0,1,2,\dots}$$

$$\phi_0 = \cos^{-1}\left[\left(\pm \frac{2k}{n} \pi\right) \frac{1}{d_r}\right]$$

didapat $\phi_0 = \cos^{-1}\left(\pm \frac{k}{2}\right) \left\{ \begin{array}{l} k=1 \rightarrow \phi_0 = \pm 60^\circ / \pm 120^\circ \\ k=2 \rightarrow \phi_0 = 0^\circ / 180^\circ \end{array} \right.$

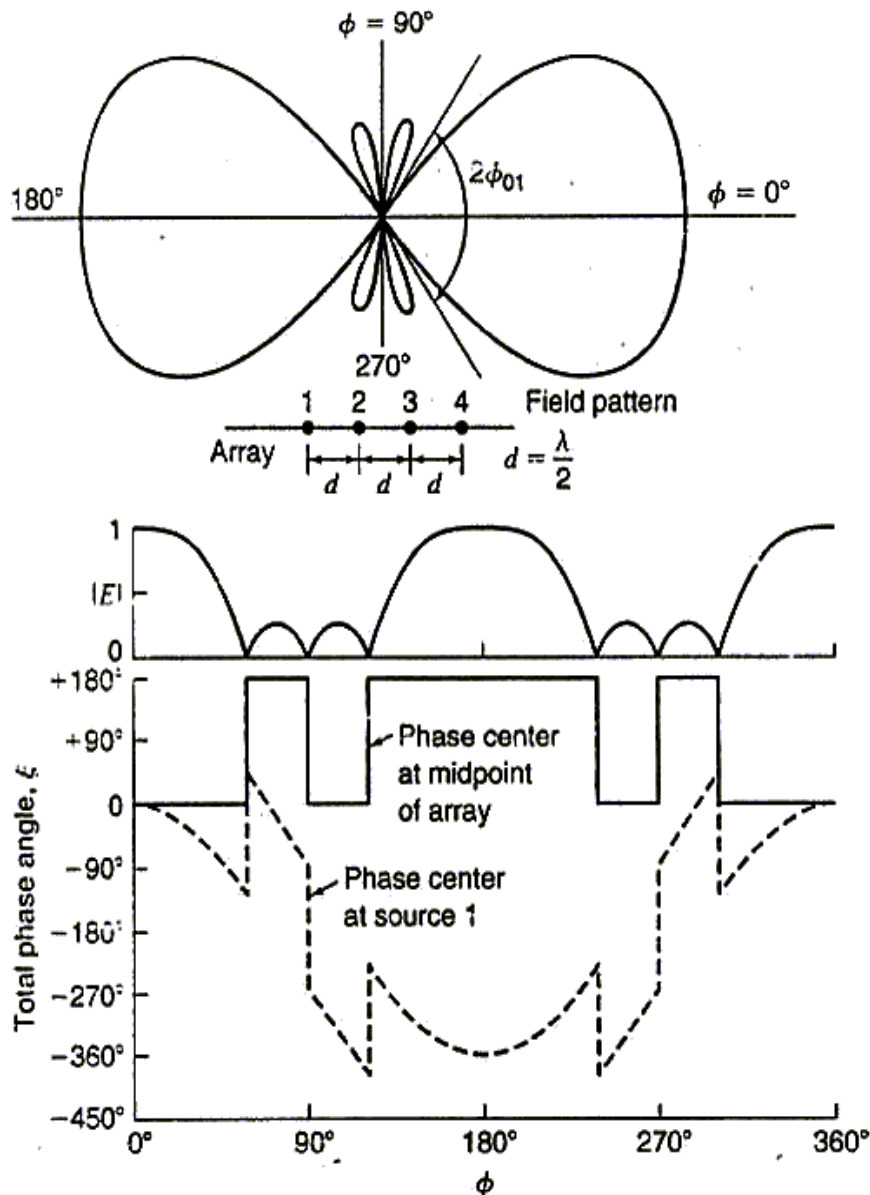
C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

- Pola pancar dan fasa susunan *broadside*



C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

Kasus 2 (Utk Distribusi Arus Uniform) – Susunan Endfire Biasa



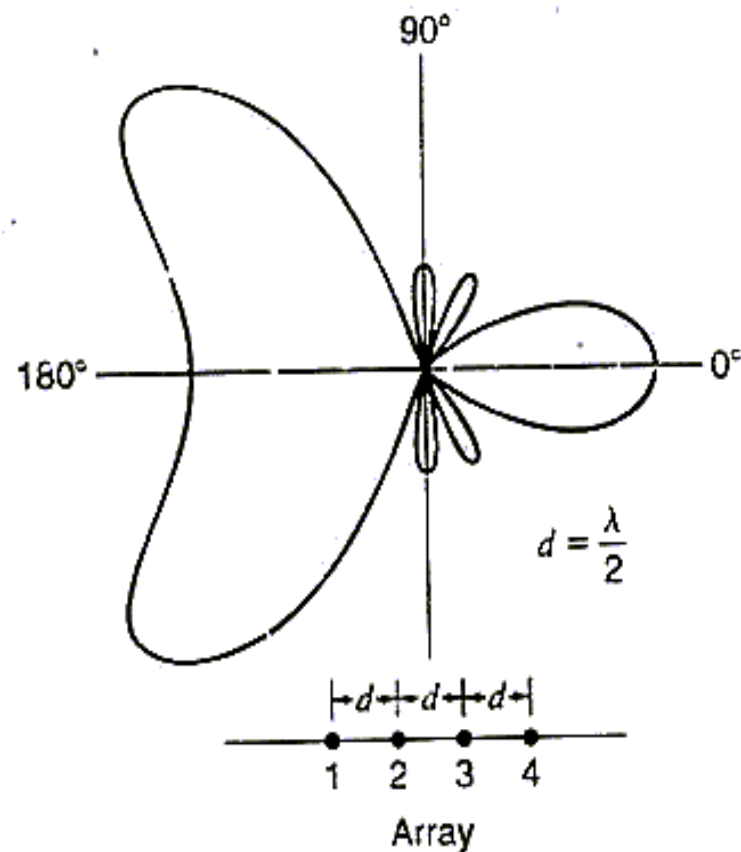
- Endfire memiliki sifat : **E maksimum pada sudut $\phi = 0$ ($\phi_m = 0$)**
- Proses desain dilakukan dgn menentukan beda fasa δ yang memberi $\phi=0$, pada harga E_{maks} atau $\varphi=0$.
- **Jadi**, $\varphi = 0$ untuk $\phi_m = \phi_o + \delta$

$$\Rightarrow \delta = -d_r = -\frac{2\pi}{\lambda} d$$
- Untuk **n = 4**, **d = $\lambda/2$** , didapat :

$$\delta = -\pi$$

C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

Kasus 3 (Utk Distribusi Arus Uniform) – Susunan Endfire Hansen-Woodyard Dengan Direktifitas Diperbesar



Gambar diatas
adalah contoh
untuk :

$$n = 4, d = \frac{\lambda}{2}, \text{ dan } \delta = -\frac{5}{4}\pi$$

- Susunan Endfire *Hansen-Woodyard* dgn direktifitas diperbesar , dicapai dgn syarat :

$$\delta = -\left(d_r + \frac{\pi}{n}\right)$$

$$\Rightarrow \phi = d_r (\cos \phi - 1) - \frac{\pi}{n}$$

- Emaks terjadi pada :

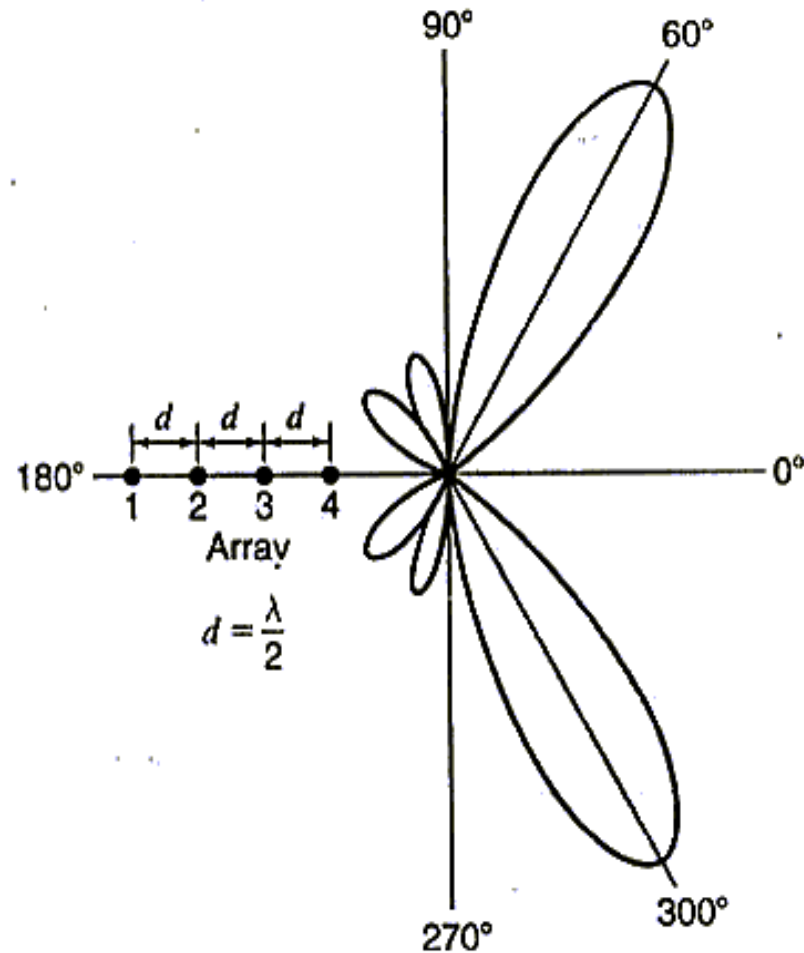
$$\phi_m = 0 \quad \text{dan} \quad \phi_m = -\frac{\pi}{n}$$

- Faktor susunan dapat dituliskan sbb:

$$E_N = \sin\left(\frac{\pi}{2n}\right) \frac{\sin\left(\frac{n\phi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\phi}{2}\right)}$$

C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

Kasus 4 (Utk Distribusi Arus Uniform) – Susunan Dengan Medan Maksimum Untuk Arah Sembarang



Misalkan ditentukan medan maksimum untuk arah tertentu yang sembarang

- Maksimum terjadi ketika :

$$\varphi = 0$$

- Minimum terjadi ketika :

$$\sin\left(n \frac{\varphi}{2}\right) = 0$$

dimana, $\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \cos \phi + \delta$

- Gambar disamping berasal dari perhitungan untuk :

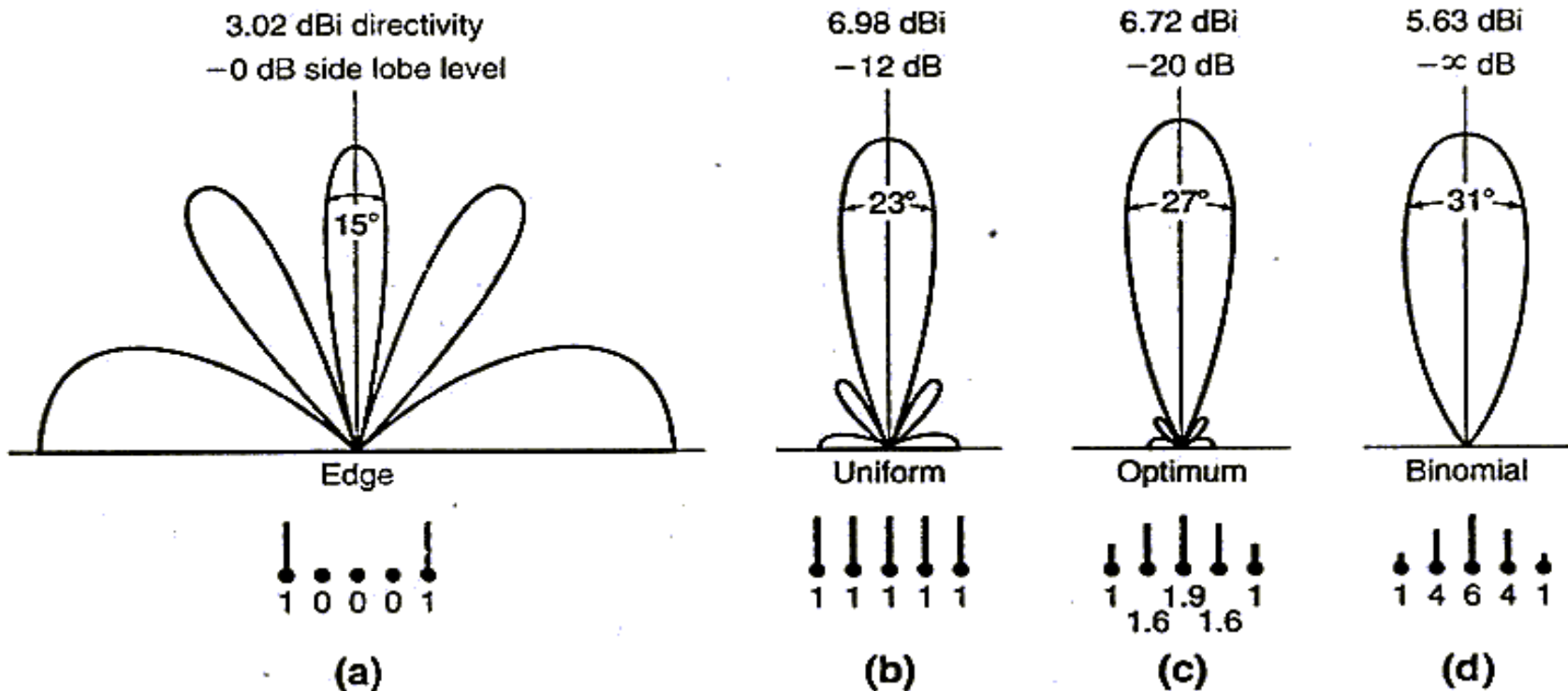
$$n = 4, d = \frac{\lambda}{2}, \text{ dan } \phi_m = 60^\circ$$

C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

C.2. Distribusi Arus Non-Uniform

Seperti juga dengan pengaturan fasa untuk tiap catuan susunan, maka perubahan pola pancar dapat juga dicapai dengan mengatur distribusi arus tiap catuan. Tujuannya adalah untuk mendapatkan pola pancar yang diinginkan. Pada sub-bagian ini kita mempelajari beberapa macam distribusi arus tidak seragam dan pengaruhnya pada pola pancar yang dihasilkan

Five source array in order of decreasing side-lobe level



C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

C.2.1. Distribusi Binomial

- Distribusi arus Binomial disebut juga sebagai Distribusi John Stone
- Susunan dgn distribusi ini berarti urutan amplituda arus harus sebanding dengan koefisien-koefisien pada deret suku banyak yang memenuhi :

Table

n	Relative amplitudes (Pascal's triangle)					
3			1	2	1	
4			1	3	3	1
5		1	4	6	4	1
6	1	5	10	10	5	1

$$(a + b)^{n-1} = a^{n-1} + (n-1)a^{n-2}b + \frac{(n-1)(n-2)}{2!}a^{n-3}b^2 + \dots$$

Koefisien-koefisien tersebut membentuk Deret Segitiga Pascal

- **Sifat pengarahan yang didapatkan :** (1) perbandingan mayor terhadap minor lobe $\rightarrow \infty$, (2) lebar berkas mainlobe cukup besar

C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

C.2.2. Distribusi Optimum (DOLPH-TCHEBYSCHIEF)

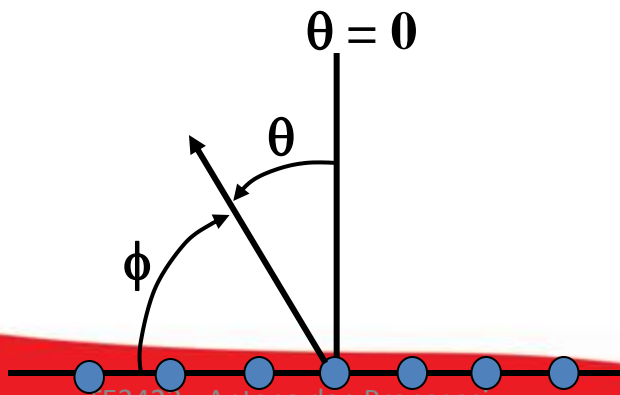
Distribusi Dolph-Tchebyscheff digunakan untuk mendapatkan kriteria optimum dari pola pancar antenna susunan.

Kriteria optimum terdiri dari 2 macam :

- Jika lebar berkas mainlobe ditentukan, maka perbandingan mayor terhadap minorlobe akan (menuju) maksimum.
- Jika perbandingan antara mayor terhadap minor lobe ditentukan, maka lebar berkas main-lobe akan (menuju) minimum.

Dalam distribusi Dolph-Tchebyscheff, diasumsikan syarat sbb:

- Antena ISOTROPIS dengan distribusi amplitudo arus SIMETRIS
- Beda fasa antar catuan elemen isotropis berdekatan = 0 ($\delta = 0$)
- Jarak spasi antar elemen isotropis SERAGAM (d seragam)



sehingga, selisih fasa kuat medan penerimaan dari elemen berdekatan pd titik observasi yang jauh

$$\begin{aligned} \varphi &= d_r \cos \phi \\ &= d_r \sin \theta \end{aligned} \quad \left| \begin{array}{l} \text{dgn } d_r = \frac{2\pi}{\lambda} d \end{array} \right.$$

C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

Distribusi Non-Uniform Optimum (DOLPH-TCHEBYSCHEF)

Penurunan medan total susunan dilakukan dengan cara yang sama (spt sebelumnya), dengan **referensi titik tengah susunan**.

Didapatkan medan total untuk n -genap sbb:

$$E_{ne} = 2A_0 \cos \frac{\varphi}{2} + 2A_1 \cos 3 \frac{\varphi}{2} + \dots + 2A_k \cos \left(\frac{n_e - 1}{2} \varphi \right)$$

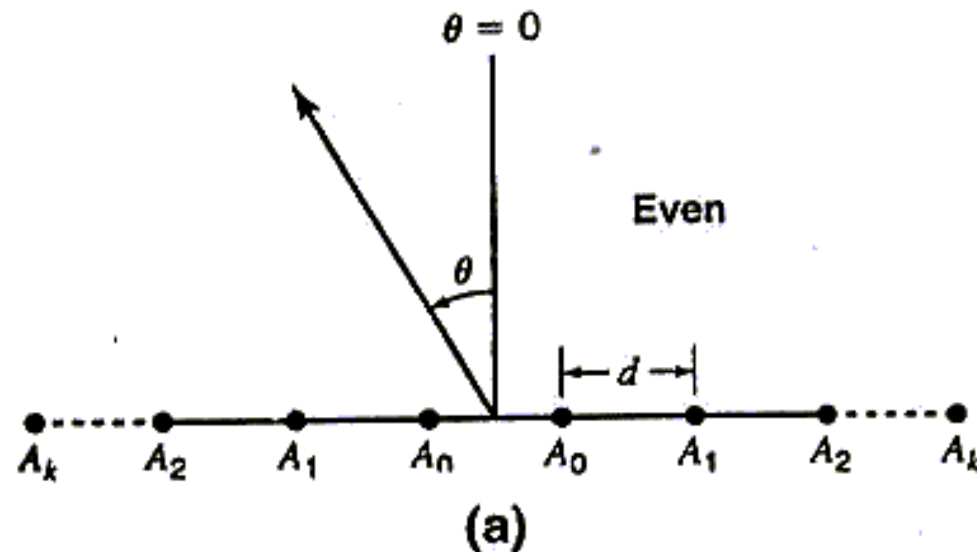
$$E_{ne} = 2 \sum_{k=0}^{k=N-1} A_k \cos \left([2k+1] \frac{\varphi}{2} \right)$$

Dimana,

n_e = jumlah elemen (genap)

$$N = \frac{n_e}{2}$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, (N-1)$$



C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

Distribusi Non-Uniform Optimum (DOLPH-TCHEBYSCHEF)

Sedangkan medan total untuk n -ganjil sbb:

$$E_{no} = 2A_0 + 2A_1 \cos \varphi + 2A_2 \cos 2\varphi + \dots + 2A_k \cos \left(\frac{n_o - 1}{2} \varphi \right)$$

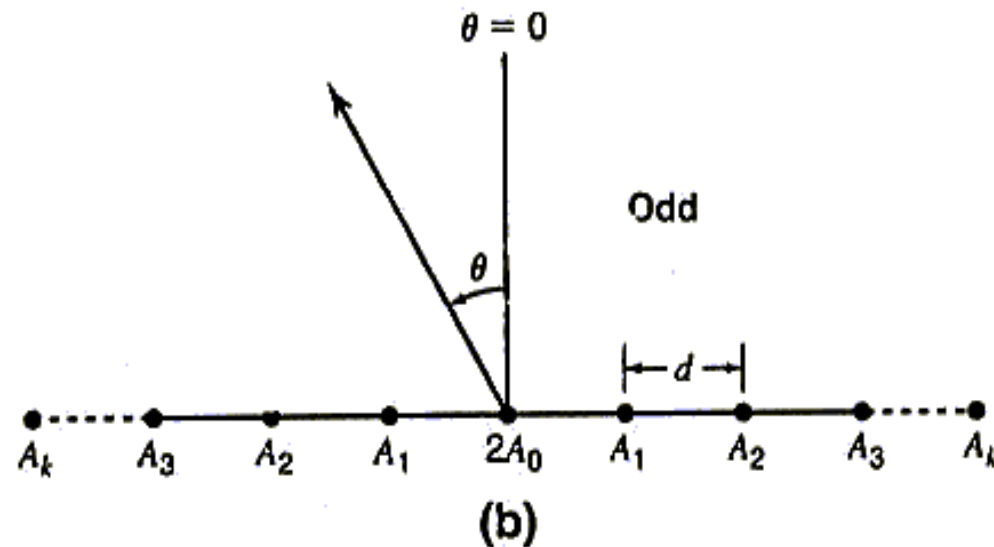
$$E_{no} = 2 \sum_{k=0}^{k=N} A_k \cos \left([2k] \frac{\varphi}{2} \right)$$

Dimana,

n_o = jumlah elemen (ganjil)

$$N = \frac{n_o - 1}{2}$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, N$$



C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

Distribusi Non-Uniform Optimum (DOLPH-TCHEBYSCHEF)

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

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

Dua persamaan di atas, dapat dipandang sebagai suatu **DERET FOURIER** dengan suku terbatas. Sepasang suku menyatakan kontribusi dari “sepasang” sumber atau dari sumber tengah. Dan dapat dianggap sebagai penjumlahan **konstanta DC, fundamental, dan harmonik-harmonik.**

Contoh : $n = 9$, dan $d = \frac{\lambda}{2}$

$$\text{maka, } \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \left(\frac{\lambda}{2} \right) \sin \theta = \pi \sin \theta$$

dan konstanta A_k diasumsikan $\rightarrow 2A_0 = A_1 = A_2 = A_3 = A_4 = 1/2$

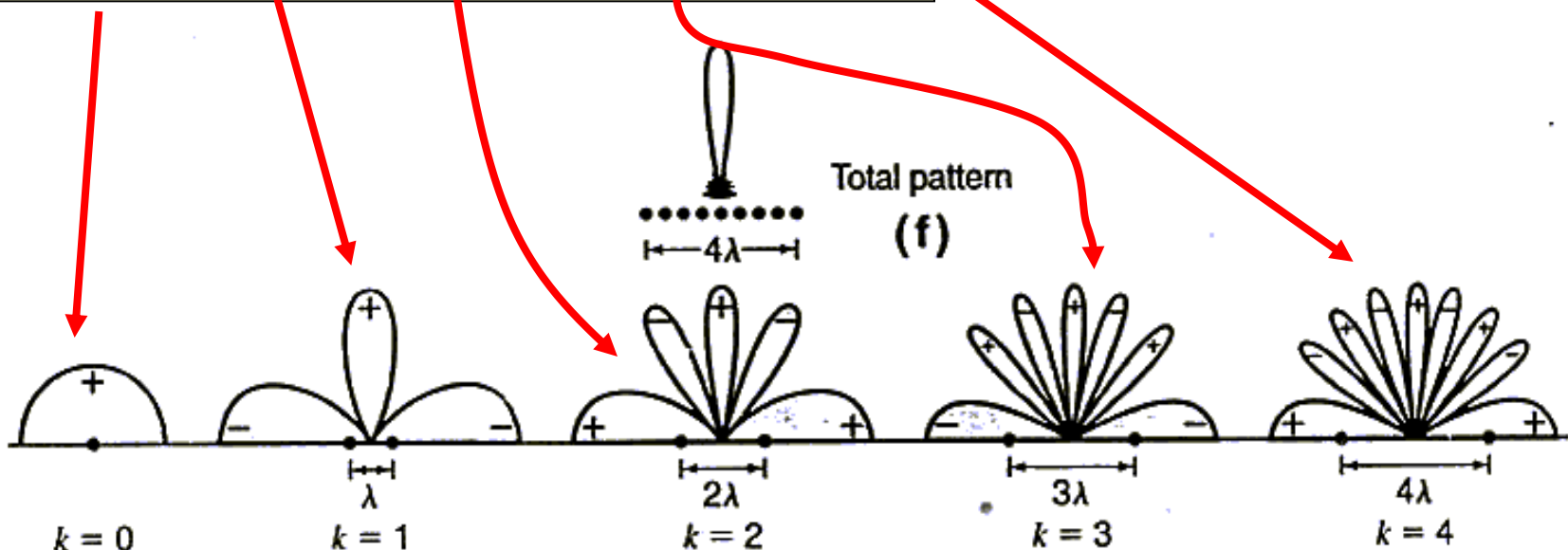
C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

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

Asumsi: $2A_0 = A_1 = A_2 = A_3 = A_4 = 1/2$

$n = 9$, dan $d = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \left(\frac{\lambda}{2}\right) \sin \theta = \pi \sin \theta$

$$E_9 = \frac{1}{2} + \cos \varphi + \cos 2\varphi + \cos 3\varphi + \cos 4\varphi$$



DC

Fundamental

Harmonik#2

Harmonik#3

Harmonik#4

C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

Distribusi Non-Uniform Optimum (DOLPH-TCHEBYSCHIEF)

Dalam distribusi arus OPTIMUM (Dolph-Tchebyscheff), nilai konstanta-konstanta A_k adalah **sesuatu yang ditentukan (→ dicari)** dgn perhitungan yang akan kita lakukan, untuk mendapatkan **pola pancar optimum**.

Optimum ditinjau dari sisi : **Perbandingan mayor terhadap minorlobe-nya, atau lebar berkas mainlobe**



C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

Distribusi Non-Uniform Optimum (DOLPH-TCHEBYSCHEF)

Polinom Tchebyscheff

Teorema de Moivre

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

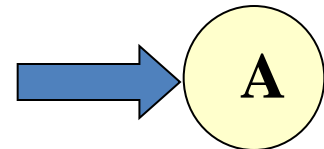
sehingga,

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



Persamaan diatas dapat dinyatakan sebagai Deret Binomial sbb:

$$\begin{aligned} \cos m\frac{\varphi}{2} = & \cos^m \frac{\varphi}{2} - \frac{m(m-1)}{2!} \cos^{m-2} \frac{\varphi}{2} \\ & + \frac{m(m-1)(m-2)(m-3)}{4!} \cos^{m-4} \frac{\varphi}{2} \sin^4 \frac{\varphi}{2} - \dots \end{aligned}$$



A

Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

Distribusi Non-Uniform Optimum (DOLPH-TCHEBYSCHEF)

Bentuk disamping kiri bawah, bersesuaian dengan Polinom Tchebyscheff, dgn rumus rekursif :

substitusi

$$\sin^2 \frac{\varphi}{2} = 1 - \cos^2 \frac{\varphi}{2}$$

$$T_{n+1}(x) = 2x T_n(x) - T_{n-1}(x)$$

$$\begin{aligned} m=0 &\rightarrow \cos m \frac{\varphi}{2} = 1 \\ m=1 &\rightarrow \cos m \frac{\varphi}{2} = \cos \frac{\varphi}{2} \\ m=2 &\rightarrow \cos m \frac{\varphi}{2} = 2 \cos^2 \frac{\varphi}{2} - 1 \\ m=3 &\rightarrow \cos m \frac{\varphi}{2} = 4 \cos^3 \frac{\varphi}{2} - 3 \cos \frac{\varphi}{2} \\ m=4 &\rightarrow \cos m \frac{\varphi}{2} = 8 \cos^4 \frac{\varphi}{2} - 8 \cos^2 \frac{\varphi}{2} + 1 \end{aligned}$$

dst

$$\begin{aligned} T_0(x) &= 1 \\ T_1(x) &= x \\ T_2(x) &= 2x^2 - 1 \\ T_3(x) &= 4x^3 - 3x \\ T_4(x) &= 8x^4 - 8x^2 + 1 \\ T_5(x) &= 16x^5 - 20x^3 + 5x \\ T_6(x) &= 32x^6 - 48x^4 + 18x^2 - 1 \\ T_7(x) &= 64x^7 - 112x^5 + 56x^3 - 7x \end{aligned}$$

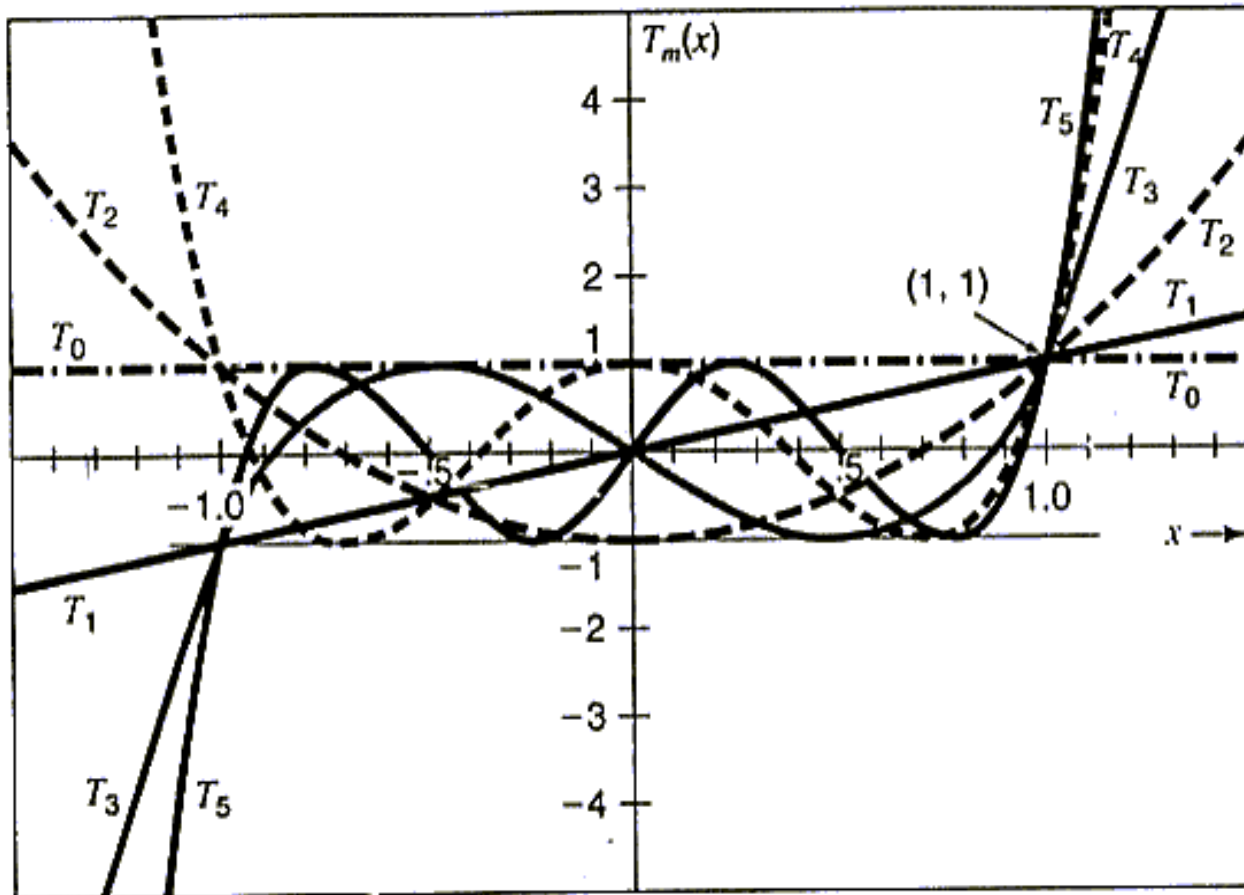
dst

dengan $x = \cos \frac{\varphi}{2}$

C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

Distribusi Non-Uniform Optimum (DOLPH-TCHEBYSCHEF)

Dibawah ini adalah grafik untuk polinom-polinom Tchebyscheff untuk nilai $m = 1$ sd 5



Sifat polinom :

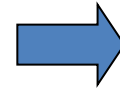
1. Semua $T_m(x)$ melewati $(1,1)$
2. Jika $-1 \leq x \leq 1$, maka:
 $-1 \leq T_m(x) \leq 1$
3. Semua akar $T_m(x)$ ada di antara -1 dan 1 atau $-1 < x_0 < 1$
4. Semua harga ekstrim adalah ± 1

C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

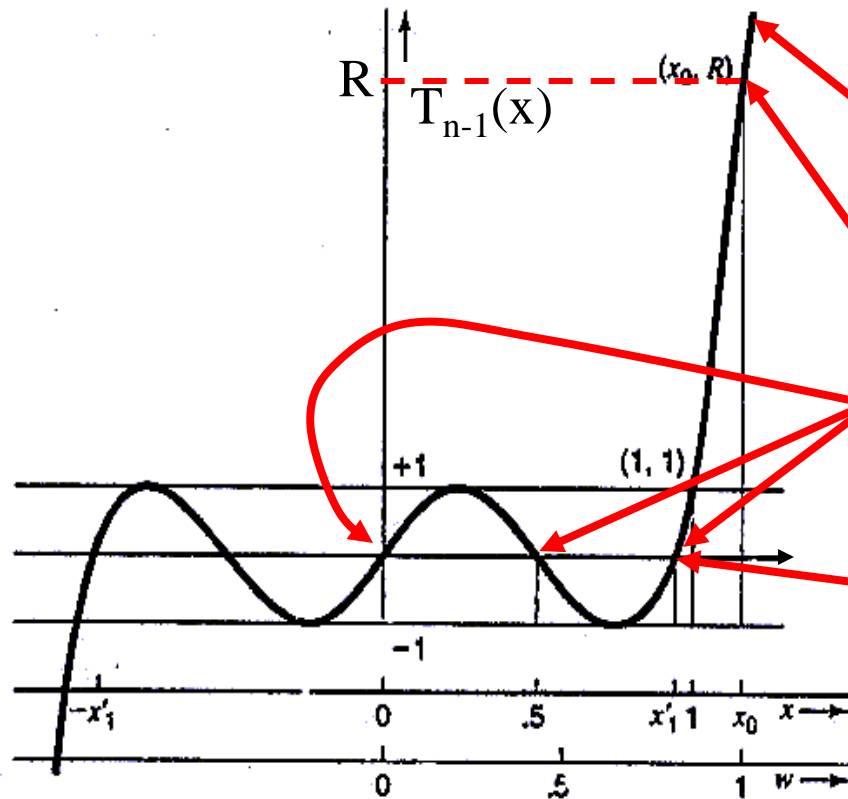
Distribusi Non-Uniform Optimum (DOLPH-TCHEBYSCHEF)

Pemahaman grafik polinom

Misalkan R adalah perbandingan antara mainlobe maksimum dan minorlobe level



$$R = \frac{\text{mainlobe maksimum}}{\text{minorlobe level}}$$



- $T_{n-1}(x)$ adalah menggambarkan diagram arah medan untuk sejumlah n elemen $\rightarrow E_n$
- Titik (x_0, R) pada kurva menggambarkan harga **mainlobe maksimum**
- Akar-akar polinom menunjukkan **harga-harga NOL** diagram medan
- FNBW (*First Null Beamwidth*) pada titik $(x = x'_1)$
- Akar-polinom pertama:

$$x'_1 = \cos \left[\frac{(2k + 1)\pi}{2m} \right]_{m=n-1; \text{ pilih } k=0}$$

C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

Distribusi Non-Uniform Optimum (DOLPH-TCHEBYSCHIEF)

Dalam distribusi arus OPTIMUM (Dolph-Tchebyscheff), artinya adalah :

Metoda Dolph dipakai untuk mendapatkan susunan optimum dengan menggunakan polinom Tchebyscheff

- *Jika direncanakan susunan antena terdiri dari n sumber, maka diagram arah medan susunan merupakan suku banyak orde $(n - 1)$*
→ *Suku banyak ini yang kemudian diekivalensikan dengan **Polinom Tchebyscheff** orde $(n - 1) \rightarrow T_{n-1}(x)$*



C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

Distribusi Non-Uniform Optimum (DOLPH-TCHEBYSCHEF)

Prosedur Perencanaan

1. Untuk susunan **n-sumber**, pilih polinom orde $(n - 1) \rightarrow T_{n-1}(x)$



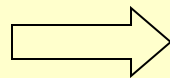
2. Selesaikan $T_{n-1}(x_0) = R$ untuk mendapatkan harga x_0 .
Untuk $m = n - 1$, dapat dihitung sebagai berikut :

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



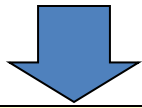
3. **Penskalaan**. Jika $R > 1$, maka $x_0 > 1$ juga. Padahal nilai x adalah berkisar $(-1 \leq x \leq 1)$, sebab $x = \cos (\varphi/2)$. **Lakukan perubahan skala $x \rightarrow w$**

$$w = \frac{x}{x_0}$$



$$w = \cos \frac{\varphi}{2}$$

C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis



Distribusi Non-Uniform Optimum (DOLPH-TCHEBYSCHEF)

4. Persamaan medan total n-sumber

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

$$N = \frac{n_e}{2}$$

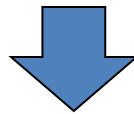
n genap

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

$$N = \frac{n_o - 1}{2}$$

n ganjil

Persamaan dapat dinyatakan dalam w (setelah penyekalaan)



5. Penyetaraan. $E_n(w)$ disetarakan dengan $T_{n-1}(x)$, dengan : $w = \frac{x}{x_0}$

$$E_n(w) \Big|_{w=\frac{x}{x_0}} = T_{n-1}(x)$$

Diperoleh harga-harga : $A_0, A_1, A_2, \dots A_k$

C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

Distribusi Non-Uniform Optimum (DOLPH-TCHEBYSCHEF)

Contoh:

$$n = 8, d = \frac{\lambda}{2}, \text{ ditentukan } R_{\text{dB}} = 26 \text{ dB}$$

1. Untuk $n = 8$, dipilih $T_{8-1}(x) = T_7(x) = 64x^7 - 112x^5 + 56x^3 - 7x$

2. $R = 26 \text{ dB} \rightarrow R(\text{numerik}) = 20$

$$x_0 = \frac{1}{2} \left[\left(20 + \sqrt{20^2 - 1} \right)^{\frac{1}{7}} + \left(20 - \sqrt{20^2 - 1} \right)^{\frac{1}{7}} \right] = 1,15 \leftarrow$$

Untuk orde tinggi, x_0 harus teliti: 3-5 digit di belakang koma

3. $R = 20 \rightarrow R > 1$, sehingga perlu perubahan skala !.

$$w = \frac{x}{1,15} \quad \text{untuk } w = \cos \frac{\varphi}{2}$$

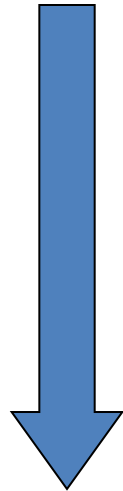
C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

Distribusi Non-Uniform Optimum (DOLPH-TCHEBYSCHEF)

4. Persamaan setengah medan total (n = 8)

$$E_{ne} = 2 \sum_{k=0}^{N-1} A_k \cos\left([2k+1]\frac{\varphi}{2}\right) \quad N = \frac{n_e}{2} \quad \longleftarrow \quad \text{persamaan medan total}$$

$$E_8 = A_0 \cos \frac{\varphi}{2} + A_1 \cos 3 \frac{\varphi}{2} + A_2 \cos 5 \frac{\varphi}{2} + A_3 \cos 7 \frac{\varphi}{2} \quad \text{persamaan setengah medan total}$$



Substitusi dgn w,
setelah penskalaan

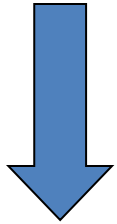
$$\cos \frac{\varphi}{2} = w$$

$$\cos 3 \frac{\varphi}{2} = 4w^3 - 3w$$

$$\cos 5 \frac{\varphi}{2} = 16w^5 - 20w^3 + 5w$$

$$\cos 7 \frac{\varphi}{2} = 64w^7 - 112w^5 + 56w^3 - 7w$$

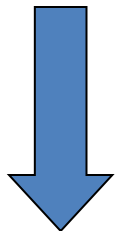
C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis



Distribusi Non-Uniform Optimum (DOLPH-TCHEBYSCHEF)

$$E_8(w) = A_0 w + A_1 (4w^3 - 3w) + A_2 (16w^5 - 20w^3 + 5w) + A_3 (64w^7 - 112w^5 + 56w^3 - 7w)$$

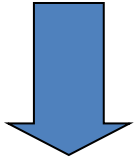
$$E_8(w) = (64A_3)w^7 - (112A_3 - 16A_2)w^5 + (56A_3 - 20A_2 + 4A_1)w^3 - (7A_3 - 5A_2 + 3A_1 - A_0)w$$



5. Penyetaraan

$$E_8(w) \Big|_{w=\frac{x}{x_0}} = T_7(x) = 64x^7 - 112x^5 + 56x^3 - 7x$$

C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis



$$E_8(w) = \left(\frac{64A_3}{1,15^7} \right) x^7 - \left(\frac{112A_3 - 16A_2}{1,15^5} \right) x^5 + \left(\frac{56A_3 - 20A_2 + 4A_1}{1,15^3} \right) x^3 - \left(\frac{7A_3 - 5A_2 + 3A_1 - A_0}{1,15} \right) x$$

$$= 64x^7$$

$$= -112x^5$$

$$= +56x^3$$

$$= -7x$$

Didapatkan :

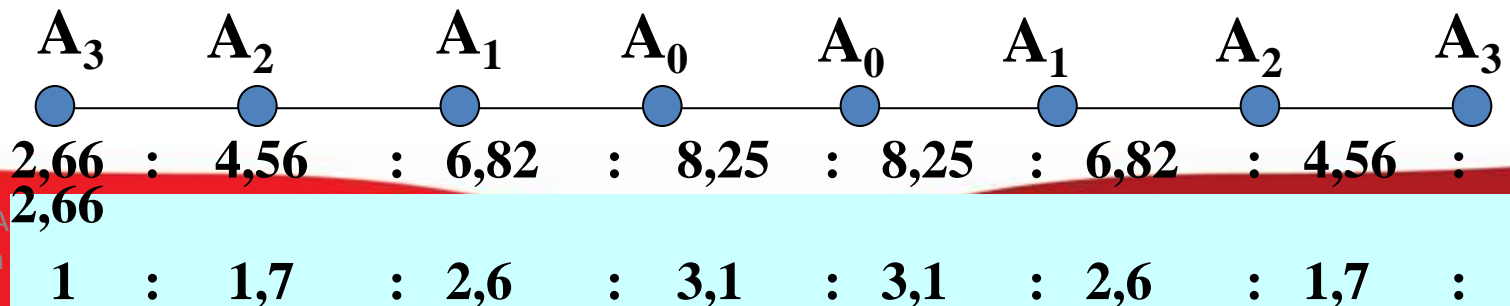
$$A_3 = 2,66$$

$$A_2 = 4,56$$

$$A_1 = 6,82$$

$$A_0 = 8,25$$

Jadi, kita dapatkan distribusi amplituda arus :



C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

Distribusi Non-Uniform Optimum (DOLPH-TCHEBYSCHEF)

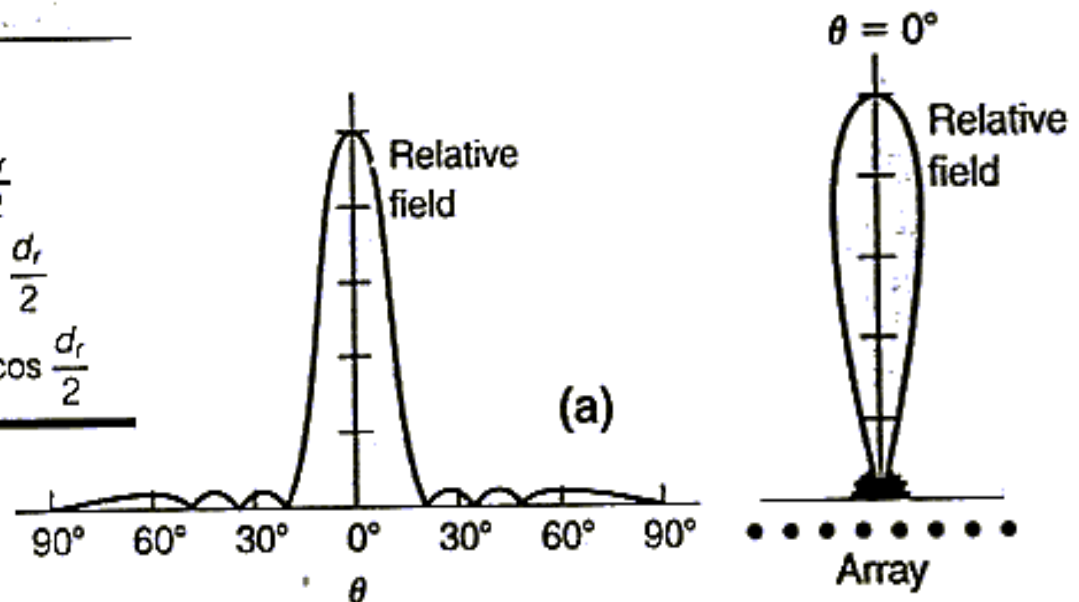
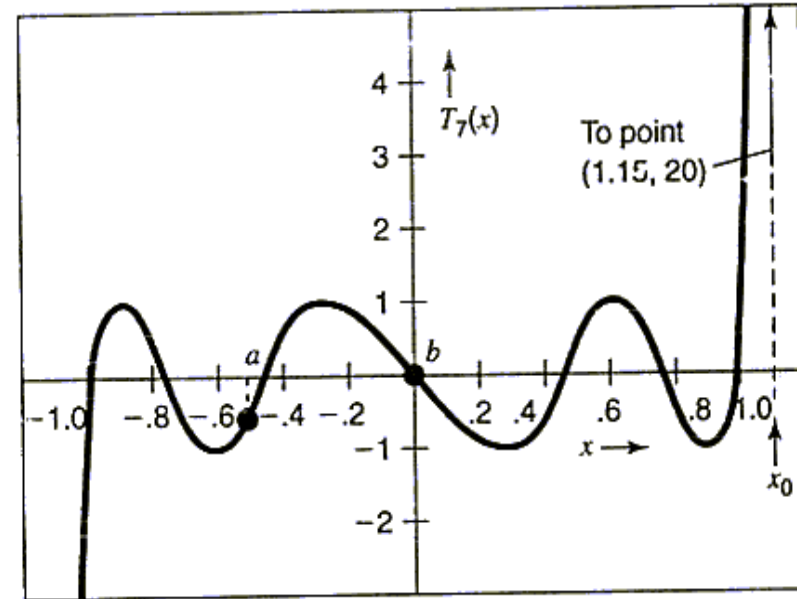
Diagram Arah :

Untuk mendapatkan diagram arah kuat medan, dapat ditabelkan lalu diplot, untuk nilai-nilai variabel : θ ,

\mathbf{x}, \mathbf{E}_n
 $x = x_0 \cos\left(\frac{d_r \sin \theta}{2}\right)$ dan $E_n = T_{n-1}(x)$

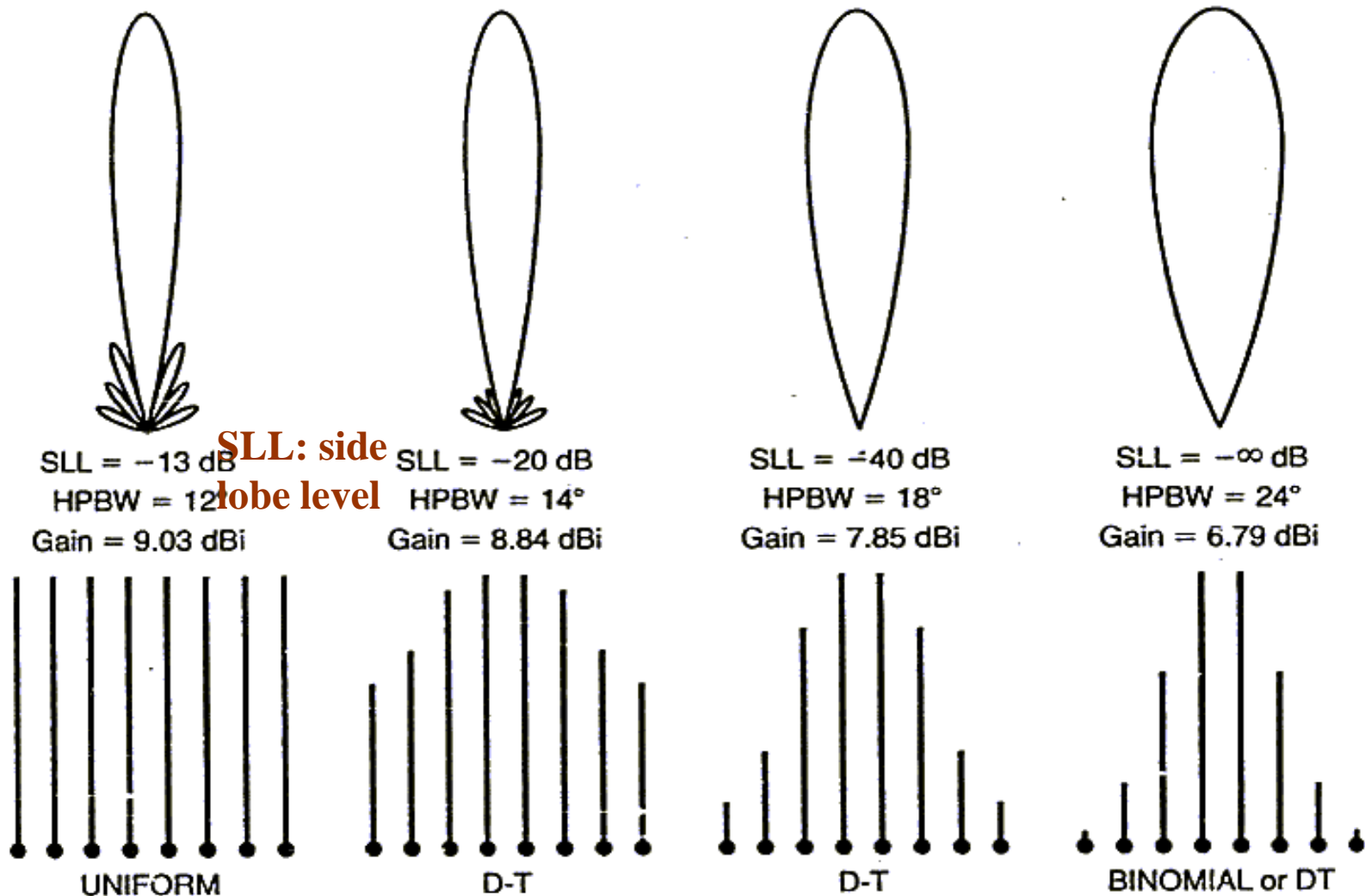
Table 5-6

Variable	Range		
θ	$-\frac{\pi}{2}$	0	$+\frac{\pi}{2}$
$\frac{\psi}{2}$	$-\frac{d_r}{2}$	0	$+\frac{d_r}{2}$
w	$\cos \frac{d_r}{2}$	1	$\cos \frac{d_r}{2}$
x	$x_0 \cos \frac{d_r}{2}$	x_0	$x_0 \cos \frac{d_r}{2}$

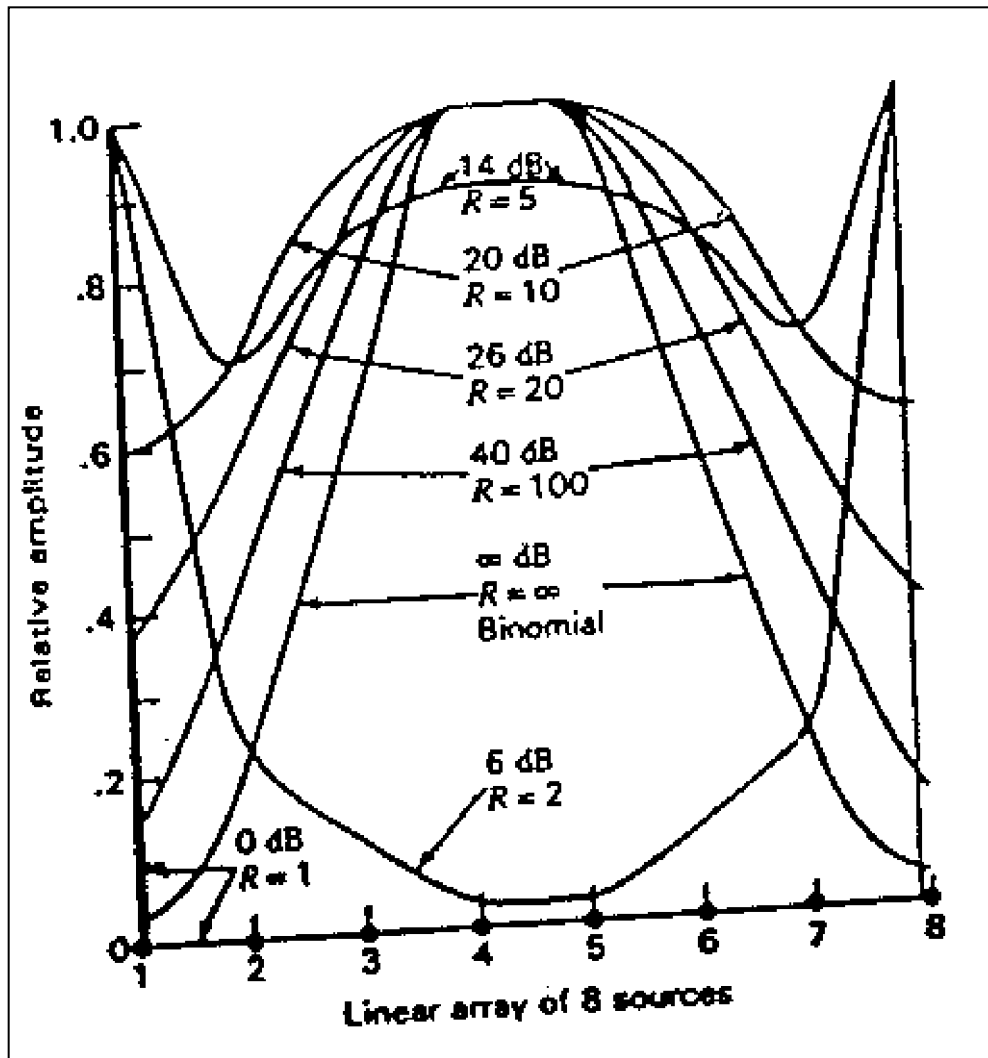


C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis

Di bawah ini adalah perbandingan pola pancar yang dihasilkan dari beberapa distribusi arus untuk jumlah elemen 8 ($n = 8$)



C. Susunan Linear n Sumber Titik Isotropis



Berbagai distribusi arus (ternormalisasi) untuk berbagai R dengan $n = 8$.

Susunan dengan distribusi **BINOMIAL** dan **EDGE** merupakan **SUBSET** / kasus dari distribusi **DOLPH-TCHEBYSCHEFF**

Latihan soal: dikerjakan

1. Problem 5-9-3; Krauss, J.D, "Antennas, 3rd ", Mc Graw Hill , 2002 (modified).
 - (a) Find the Dolph-Tchebyscheff current distribution for the minimum beam width of a linear in-phase **broadside** array of five isotropic point sources. The spacing between the elements is $\lambda/2$ and the sidelobe level is to be **20 dB** down.
 - (b) Locate the nulls and the maxima of the minor lobes.
 - (c) Plot, approximately, the normalized field pattern ($0^\circ \leq \theta \leq 360^\circ$).
 - (d) What is the half-power beam width?
2. Problem 5-9-4; Krauss, J.D, "Antennas, 3rd ", Mc Graw Hill , 2002.
 - (a) Find the Dolph-Tchebyscheff current distribution for the minimum beam width of a linear in-phase **broadside** array of eight isotropic sources. The spacing between the elements is $\lambda/4$ and the sidelobe level is to be **40 dB** down. Take $\theta = 0^\circ$ in the broadside direction.
 - (b) Locate the nulls of the minor lobes.
 - (c) Plot, approximately, the normalized field pattern ($0^\circ \leq \theta \leq 360^\circ$).
 - (d) What is the half-power beam width?
 - (e) What is the Gain ?

(No 2)Solution:

- (a) 0.14, 0.42, 0.75, 1.00, 1.00, 0.75, 0.42, 0.14
- (b) Max. at:
 - $\pm 21^\circ, \pm 27^\circ, \pm 36^\circ, \pm 48^\circ, \pm 61^\circ, \pm 84^\circ, \pm 96^\circ, \pm 119^\circ, \pm 132^\circ, \pm 144^\circ, \pm 153^\circ, \pm 159^\circ$
- Nulls at:
 - $\pm 18^\circ, \pm 23^\circ, \pm 32^\circ, \pm 42^\circ, \pm 54^\circ, \pm 71^\circ, \pm 109^\circ, \pm 126^\circ, \pm 138^\circ, \pm 148^\circ, \pm 157^\circ, \pm 162^\circ$
- (d) HPBW 12° (*ans.*)

**Sudah Pusing?..., kalau belum,
Mari kita lanjutkan.....**



Questions?



