

## Pengkopel Hibrid 3dB Mikrostrip Non Linier Pita Lebar dan Aplikasinya pada Butler Matriks untuk Antena dengan Banyak Arah Berkas pada X-Band

Kurnia Ningsih, author

Deskripsi Lengkap: <https://lib.ui.ac.id/detail?id=20305913&lokasi=lokal>

---

### Abstrak

**ABSTRAK**

Saat ini di Indonesia tengah dikembangkan radar 3 dimensi (3D) untuk pengawas pantai, yang dapat melakukan scanning vertikal. Radar tersebut bekerja di frekuensi 9,4GHz, yang merupakan rentang frekuensi X band dengan VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) sebesar 1,5. Untuk pengembangan dan kebutuhan radar 3D, maka dibutuhkan juga antena yang memiliki banyak arah berkas dan yang memiliki karakteristik pita lebar (wideband) dengan impedance bandwidth > 10dB untuk kebutuhan transmisi data kecepatan tinggi saat melakukan recovery informasi dari sinyal yang direfleksikan. Butler matriks merupakan salah satu pencatu yang menghasilkan banyak arah berkas, dimana pengkopel hibrid 3dB merupakan komponen utamanya. Komponen tersebut memiliki karakteristik impedance bandwidth yang terbatas yaitu < 10% dengan VSWR 1,5. Penelitian ini melakukan studi pengembangan pengkopel hibrid 3dB pita lebar untuk rentang frekuensi X band pada frekuensi kerja 9,4GHz dengan menggunakan taper eksponensial pada lengan seri, sehingga karakteristik impedansinya menjadi non linier. Pemilihan distribusi taper eksponensial karena distribusi ini memberikan panjang taper lebih pendek dibandingkan distribusi taper segitiga dan taper Klopfenstein, untuk mencapai koefisien refleksi terendah. Pengkopel hibrid 3dB non linier tersebut merupakan keterbaruan dari penelitian ini. Karakteristik pengkopel hibrid 3dB non linier yang optimal, diperoleh ketika panjang taper ( $L_{tap}$ ) sebesar 6,75mm dengan kelengkungan transisi penyesuaian impedansi lengan seri sebesar 0,75mm. Hasil pengukuran koefisien refleksi pada frekuensi 9,4GHz sebesar -25dB dan koefisien isolasi sebesar -27,2dB. Koefisien kopling pada kedua terminal keluaran sebesar -3,4dB dan -3,2dB, sehingga ketidakseimbangan daya pada frekuensi 9,4GHz sebesar 0,3dB dari -3dB yang diharapkan. Sedangkan beda fasa ( $\phi$ ) antara kedua terminal yang terkopel sebesar  $272^\circ$  atau  $-88^\circ$  yang berarti hanya terjadi kesalahan fasa sebesar  $2^\circ$ . Lebar pita (impedance bandwidth) dengan VSWR=1,5 diperoleh sebesar 1,7GHz atau sebesar 18,8% yang termasuk kategori pita lebar. Pengkopel hibrid 3dB non linier telah diimplementasi pada crossover yang berfungsi sebagai pengisolasi arus pada arah tertentu dengan melakukan kaskade pengkopel hibrid 3dB non linier. Berdasarkan hasil simulasi, menunjukkan bahwa dengan crossover non linier, diperoleh koefisien refleksi menurun 4dB dibandingkan dengan crossover yang linier (konvensional). Pada frekuensi 9,4GHz, koefisien refleksi yang diperoleh sebesar -21dB dengan koefisien isolasinya sebesar -22dB dan koefisien koplingnya sebesar 0,33dB dari 0dB yang diharapkan. Lebar pita crossover non linier hasil pengukuran untuk VSWR=1,5 besarnya 14% yang merupakan kategori pita lebar. Disamping itu, pengkopel hibrid 3dB non linier juga telah diimplementasikan pada Butler matriks 4x4 pita lebar yang menghasilkan 4 beda fasa ( $\phi$ ), yaitu  $\phi = 45^\circ$  bila terminal 1 dieksitasi, dan  $\phi = -135^\circ$  bila terminal 2 dieksitasi,  $\phi = 135^\circ$  bila terminal 3 dieksitasi,  $\phi = -45^\circ$  bila terminal 4 dieksitasi. Secara rata-rata deviasi fasa yang terjadi sebesar  $7^\circ$ . Selain itu bila terminal 1 atau 4 dieksitasi maka hasil pengukuran koefisien refleksi pada frekuensi kerja 9,4GHz sebesar -41dB, dan bila terminal 2 atau 3 dieksitasi, koefisien

refleksinya sebesar -23dB dengan rata-rata koefisien transmisi atau koefisien insersi sebesar -8dB. Selanjutnya 2 arah berkas dapat diperoleh dengan mengintegrasikan pengkopel hibrid 3dB non linier pita lebar dan antenna mikrostrip susun 2 elemen. Hasil pengukuran koefisien refleksi pada antenna yang bekerja pada frekuensi 9,4GHz adalah sebesar -18dB. Koefisien refleksi tersebut dapat diturunkan dengan penggunaan transformer  $\frac{1}{4}$   $\lambda$  dan stub, sehingga berhasil mencapai -29dB. Lebar pita yang diperoleh pada VSWR 1,5 sebesar 1,2GHz atau sebesar 12%. Bila terminal 1 dieksitasi maka arah berkasnya mengarah pada sudut  $20^\circ$  dan bila terminal 2 dieksitasi maka arah berkas mengarah ke sudut  $330^\circ$ . Antenna dengan 4 arah berkas pita lebar dapat diperoleh dengan mengintegrasikan rancangan Butler matriks 4x4 dan antenna susun. Arah berkas dapat terbentuk karena perbedaan fasa yang terjadi antar terminal keluaran saat terminal masukan dieksitasi. Hasil pengukuran pada frekuensi 9,4GHz, terdapat 4 beda fasa ( $\Delta\phi$ ;) sehingga arah berkas yang terbentuk sebanyak 4 arah berkas ( $\theta$ ;) yaitu arah berkas  $20^\circ$  akibat  $\Delta\phi$ ;) =  $45^\circ$  ketika terminal 1 dieksitasi, arah berkas  $-310^\circ$  akibat  $\Delta\phi$ ;) =  $-135^\circ$  ketika terminal 2 dieksitasi, arah berkas  $50^\circ$  akibat  $\Delta\phi$ ;) =  $135^\circ$  ketika terminal 3 dieksitasi, arah berkas  $-20^\circ$  akibat  $\Delta\phi$ ;) =  $-45^\circ$  ketika terminal 4 dieksitasi. Dari seluruh hasil penelitian yang telah dilakukan, berhasil diperoleh keterbaruan secara geometri pengkopel hibrid 3dB non linier yang menggunakan distribusi taper eksponensial pada lengan serinya, sehingga karakteristik impedansinya menjadi non linier dan memiliki karakteristik pita lebar. Pengkopel hibrid 3dB non linier pita lebar telah diimplementasikan pada crossover dan Butler matriks 4x4 untuk mendapatkan antenna dengan 4 arah berkas yang berbeda dengan rata-rata deviasi penyimpangan ( $\Delta\theta$ ) yang terjadi pada frekuensi 9,4GHz untuk keempat terminalnya adalah sebesar 5,3.

<hr>

<b>ABSTRACT</b><br>

Currently in Indonesia 3D Radar has been developed to perform a Vertical Scanning for Coastal Guard. The Radar has 9.4GHz operating frequency with 1.5 VSWR (Voltage Standing Wave Ratio). For 3D Radar, it's needed a multi-beams wideband antenna with impedance bandwidth  $\approx 10$ dB for high speed data transmission when information collected from reflected signal. Butler matrix is one of many feeders that able to generate multi beams where a 3dB hybrid coupler is the main component. The 3dB hybrid coupler has limited impedance bandwidth  $\approx 10$ % with 1.5 VSWR. In this research, study and development of a wideband 3dB hybrid coupler at 9.4GHz operating frequency using exponential tapered transmission line on its series arms, hence its impedance characteristics become nonlinear. Exponential taper has been selected due to shorter taper length compare with Triangular taper and Klopfenstein taper, for the lowest reflection coefficient. This 3dB wide bandwidth hybrid coupler was newly introduced and presented in this research. The optimal characteristics of 3dB hybrid coupler can be achieved when taper length ( $L_{tap}$ ) at 6.75mm with transition curve at series arms matching impedance at 0.75 mm. Reflection coefficient measured at -25dB for 9.4GHz and isolation coefficient at -27.2dB. Coupling coefficient at both ports is -3.4dB and -3.2dB. Hence, power unbalance at 9.4GHz is 0.3dB from desired -3dB. Phase difference ( $\Delta\phi$ ;) between two coupled-ports is  $272^\circ$  or  $-88^\circ$ . That means the phase error is only  $2^\circ$ . Impedance bandwidth achieved 1.7GHz at 1.5 VSWR, or 18.8%, in which considered as wide bandwidth. A nonlinear 3dB hybrid coupler has been implemented on crossover as current isolator at certain flow by cascading nonlinear 3dB hybrid couplers. Simulation shows that, with nonlinear crossover, reflection coefficient can be decreased by 4dB compared with linear (conventional) crossover. -21dB reflection coefficient can be achieved at 9.4GHz with -22dB isolation coefficient and 0.33dB coupling coefficient (compared with 0dB desired). Measurement shows the bandwidth of nonlinear crossover is 14% with 1.5 VSWR, which is

considered as wide bandwidth. Furthermore, nonlinear 3dB hybrid coupler also successfully implemented on wide bandwidth Butler Matrix and produce 4 phase differences,  $\phi = 45^\circ$  if port 1 excited,  $\phi = -135^\circ$  if port 2 excited,  $\phi = 135^\circ$  if port 3 excited, and  $\phi = -45^\circ$  if port 4 excited. In average, phase deviation around  $7^\circ$  from desired phase difference. If port 1 or port 4 excited, -41 dB reflection coefficient can be achieved. If port 2 or port 3 be excited, -23dB can be achieved with -8dB transmission coefficient or insertion coefficient, in average. Antenna with 2 beams can be obtained if nonlinear wide-bandwidth 3dB hybrid coupler is integrated with 2 elements array antenna. From measurement, -18dB reflection coefficient obtained at 9.4GHz. Reflection coefficient can be improved by utilizing  $\frac{1}{4}$  transformer and stub and up to -29dB can be obtained. 1.2GHz (12%) bandwidth can be obtained. Radiation pattern demonstrates 2 beams at different direction as a function of port excitation. If port 1 excited, beam directed to  $20^\circ$  and if port 2 excited, beam directed to  $330^\circ$ . Antenna with 4 beams can be designed by integrating 4x4 Butler Matrix and array antenna. Beams can be constructed due to phase difference between output ports when input port excited. From measurement at 9.4GHz, there were 4 phase differences ( $\phi$ ) hence 4 beams ( $\theta$ ) can be constructed.  $20^\circ$  beam resulted from the phase difference ( $\phi$ ) =  $45^\circ$  when port 1 excited.  $-310^\circ$  beam resulted from the phase difference ( $\phi$ ) =  $-135^\circ$  when port 2 excited.  $50^\circ$  beam resulted from the phase difference ( $\phi$ ) =  $135^\circ$  when port 3 excited.  $-20^\circ$  resulted from the phase difference ( $\phi$ ) =  $-45^\circ$  when port 4 excited. The nonlinear 3dB hybrid coupler has been successfully developed using exponential taper distribution at its series arms hence alter its impedance characteristic become nonlinear and wide bandwidth. Non-linear 3dB hybrid coupler has been successfully implemented on crossover and 4x4 Butler Matrix to produce 4 difference antenna beams with 5.3 deviations at all four ports at 9.4GHz.