

BRANCH LINE COUPLER T-JUNCTION DENGAN NOTCH BAND FILTER UNTUK RADAR S-BAND 3 GHZ

T-JUNCTION BRANCH LINE COUPLER WITH NOTCH BAND FILTER FOR RADAR S-BAND 3 GHZ

Ghazwa Azizul Asdhar¹, Heroe Wijanto², Levy Olivia Nur³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

¹aghazwa@gmail.com, ²heroe.wijanto@telkomuniversity.ac.id, ³levy.olivia@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Radar merupakan salah satu teknologi yang sedang marak dikembangkan di Indonesia, karena pemanfaatan radar sangat dibutuhkan di Indonesia yang terdiri dari berbagai pulau. Sistem radar memiliki sebuah antena yang digunakan untuk pemancaran pulsa gelombang maupun penerimaan pantulannya. Hal yang harus diperhatikan adalah pemisahan antara sinyal yang ditransmisikan dengan sinyal yang diterima. Fungsi coupler pada RF Radar dirancang sebagai pemisah sinyal yang ditransmisikan dengan yang diterima. Pada *branch line coupler* terdapat dua output yang bernilai sama besar dengan beda fasa 90°. Perbedaan fasa inilah yang digunakan sebagai pemisah antara *transmitter* dengan *receiver*. Pada tugas akhir ini dirancang mikrostrip *branch line coupler* dengan *T- Junction* yang bekerja pada frekuensi 3 GHz dengan nilai kedua loss baik untuk (Tx) maupun (Rx) yaitu 3 dB dan beda fasa 90°. Tahapan yang dilakukan adalah merancang panjang dan lebar untuk setiap saluran impedansi pada mikrostrip *branch line coupler* dengan menggunakan substrat FR4 yang memiliki konstanta dielektrik sebesar 4,6 dengan ketebalan 1,6 mm. Dengan menggunakan pendekatan *band notch* pada bagian *ground* menghasilkan nilai dari parameter yang lebih bagus, dibandingkan dengan *coupler* yang konvensional. Parameter yang di hasilkan sangat menguntungkan bagi kebutuhan sistem radar.

Kata kunci : Brance Coupler, Radar, Receiver dan Transmitter

Abstract

Radar is one of the emerging technologies developed in Indonesia, because radar utilization is needed in Indonesia which consists of various islands. The radar system has an antenna used for transmitting wave pulses and receiving reflections. The thing to note is the separation between the transmitted signal and the received signal. The coupler function on RF Radar is designed as a signal separator that is transmitted to the received. In the branch line coupler there are two outputs of equal value with the 90 ° phase difference. This phase difference is used as a separator between transmitter and receiver. In this final project we designed a branch line coupler microstrip with T-Junction which works on 3 GHz frequency with second loss value for both (TX) and (RX) ie 3 dB and 90 ° phase difference. The step is to design the length and width for each impedance channel on the branch line coupler microstrip using FR4 substrate having a dielectric constant of 4.6 with a thickness of 1.6 mm. Using the notch band approach on the ground provides the nail of a better parameter, compared to a conventional coupler. The parameters generated are very beneficial to the needs of the radar system.

Keywords: Brance Coupler, Radar, Receiver dan Transmitter

1 Pendahuluan

Teknologi radar merupakan teknologi yang sangat penting, begitu banyak fungsi radar yang digunakan guna memenuhi informasi dan kebutuhan manusia bahkan lingkungan alam. Misalnya radar cuaca yang memiliki peranan untuk melakukan pengkajian terhadap cuaca, hujan dan lain sebagainya, sedangkan radar surveillance dan navigasi yang digunakan untuk tujuan pengawasan, kontrol, dan monitoring yang menggunakan frekuensi gelombang mikro, serta radar militer yang memiliki manfaat yang sangat besar bagi kelangsungan hidup manusia dan bahkan lingkungan [2]. Antena yang digunakan pada radar dapat digunakan terdiri dari transmitter maupun receiver. Properti penting pada RF-frontend atau antena yang digunakan dalam suatu sistem dengan single carrier frequency adalah kemampuannya untuk memisahkan antara sinyal yang ditransmisikan dengan sinyal yang dikirimkan. Salah satu divais yang digunakan sebagai pemisah antara transmitter dan receiver adalah circulator. Circulator digunakan untuk mengisolasi sinyal yang ditransmisikan dengan sinyal yang diterima. Disebutkan bahwa antena yang mengirimkan dan menerima gelombang dengan berbeda polarisasi adalah pilihan yang tepat untuk mendapatkan pemisah transmitter dengan receiver pada kasus single carrier frequency [2]. Digunakan 3-dB hybrid circuit atau disebut *branch line coupler* sebagai pemisah antara *transmitter* dan *receiver*. *Branch line*

coupler ini bekerja pada frekuensi 3 GHz. Properti dasar dari *branch line coupler* adalah membagi *power input* pada salah satu port menjadi dua output yang sama besar dengan beda fasa $+90^\circ$ atau -90° [2]. Hal ini dapat digunakan untuk mendapatkan right-hand dan left-hand circular polarization dengan menggunakan dual-input cross-polarized antenna. Ditambahkan dua variable capacitance diodes pada rangkaian hybrid yang berguna sebagai tuning untuk mendapatkan frekuensi kerja 3 GHz. Dari hasil simulasi didapatkan besarnya isolasi antara *transmitter* dengan *receiver* adalah sebesar 20 dB [2].

Branch line coupler dengan dua *branch line* ($N=2$) yang dirancang pada *branch line coupler* diaplikasikan ke dalam bentuk mikrostrip. Substrat yang digunakan adalah Roger FR4 dengan ketebalan 1,6 mm. Frekuensi kerja dari coupler adalah 3 GHz. Hasil rancangan mikrostrip disimulasikan dengan menggunakan software simulasi 3D yang meliputi dua tahapan simulasi. Simulasi pertama adalah mensimulasikan *branch line coupler* ideal. Hasil simulasi selanjutnya adalah pada rangkaian *branch line coupler* yang sudah dirancang sebelumnya diberi rangkaian T-junction yang digunakan sebagai kompensasi dari T-junction discontinuity yang terjadi pada mikrostrip *branch line coupler*. Dimensi dari T-junction yang digunakan dibuat simetris dengan lebar 50Ω line. Antara T-junction dengan $35,35\Omega$ line ditambahkan taper untuk mengkompensasi discontinuity yang terjadi yang disebabkan perubahan lebar antara 50Ω line dan $35,35\Omega$ line.

Penelitian ini akan dirancang mikrostrip *branch line coupler* untuk aplikasi radar udara s-band yang bekerja pada frekuensi 3 GHz dengan software simulasi 3D. Jenis substrat yang digunakan pada tugas akhir ini adalah FR4 yang memiliki konstanta dielektrik sebesar 4,6 dan ketebalan 1,6 mm. *Branch line coupler* ini pada RF radar udara berguna sebagai pemisah antara transmitter dengan receiver.

2 Dasar Teori

2.1 Radar

RADAR merupakan singkatan dari radio detection and ranging dan radar merupakan suatu sistem yang digunakan untuk mendeteksi, mengukur jarak dan membuat map benda-benda seperti pesawat dan hujan. Istilah radar pertama kali digunakan pada tahun 1941, menggantikan istilah dari singkatan Inggris RDF (Radio Direction Finding). Gelombang radio kuat dikirim dan sebuah penerima mendengar gema yang kembali. Dengan menganalisa sinyal yang dipantulkan, pemantul gema dapat ditentukan lokasinya dan kadang-kadang ditentukan jenisnya. Walaupun sinyal yang diterima kecil, tapi radio sinyal dapat dengan mudah dideteksi dan diperkuat. Gelombang radio radar yang diproduksi dan mendeteksi gelombang yang lemah, dan kemudian diampifikasi(diperkuat) beberapa kali. Oleh karena itu radar digunakan untuk mendeteksi objek jarak jauh yang tidak dapat dideteksi oleh suara atau cahaya[3]. Penggunaan radar sangat luas, alat ini bisa digunakan dibidang meteorologi, pengaturan lalu lintas udara, deteksi kecepatan oleh polisi, dan terutama oleh militer.

2.2 Mikrostrip Branch Line Coupler

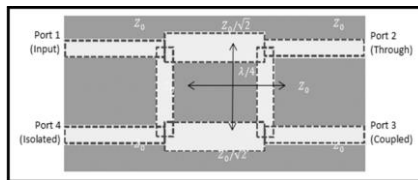
Dimensi panjang atau length (L) pada *coupler* pada *branch line* dan *series line* biasanya dipilih $\frac{1}{4}$ dari desain *wavelength*nya atau disebut *quarterwavelength*. Formula untuk *wavelength* dengan memberikan spesifikasi frekuensinya. Lebar (width) dari mikrostrip dapat ditentukan dengan mencari rasio W/d. Berdasarkan pemilihan saluran impedansi pada series dan branch mikrostrip *transmission line*, bila diberikan ϵ_r dan Z_0 , maka rasio W/d dinyatakan oleh [4]:

$$\frac{W}{d} = \begin{cases} \frac{8e^a}{e^{2a} - 2} & \text{Untuk } \frac{W}{d} < 2 \\ \frac{2}{\pi} \left[b - a \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left| \ln b - 1 + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right| \right] & \text{untuk } \frac{W}{d} > 2 \end{cases} \quad (1)$$

$$a = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left(0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right)} \quad (2)$$

Mikrostrip *branch line coupler* terdiri dari dua saluran impedansi *series line* yang dihubungkan oleh dua saluran impedansi *branch line* seperti ditunjukkan Gambar. Untuk mendapatkan nilai coupling 3 dB maka besar saluran impedansi *series line* (Z_A) besarnya sama dengan $1/\sqrt{2}$ dari Z_0 dan besar saluran impedansi *branch line* (Z_B) sama dengan Z_0 . Lebar (width) untuk masing-masing saluran impedansi dihitung dengan menggunakan persamaan (1). Sedangkan panjang (length) untuk masing-masing saluran impedansi memiliki nilai yang sama yang dinyatakan oleh (2).

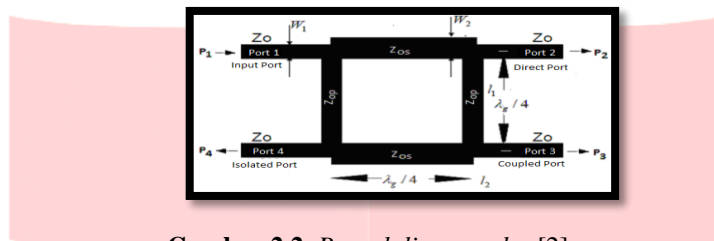
BLC Sangat dibutuhkan dalam sistem radar S-band, peran BLC sebagai pembalik phase, sehingga ketika signal transmitter dan receiver saling bertemu tidak akan terjadi aliasing signal dan tetap dapat di proses pada masing-masing bagian sistem.



Gambar 2.1. Geometri dari mikrostrip *branch line coupler* [4]

2.3 Quadrature (90°) Hybrid (Branch line coupler)

Quadrature hybrids adalah 3 dB directional coupler dengan perbedaan fasa sebesar 90° pada kedua outputnya, through dan coupled port. Hybrid tipe ini biasa dibuat dalam bentuk mikrostrip atau *stripline* seperti ditunjukkan Gambar 4. dan biasa disebut dengan *branch-line hybrid*.



Gambar 2.2. *Branch line coupler* [2]

Jenis 3 dB coupler lainnya, seperti *coupled line couplers* atau *Lange coupler*, dapat digunakan juga sebagai *quadrature coupler*. Operasi dasar pada *branch line coupler* adalah sebagai berikut. Dengan semua port dalam keadaan matched, power yang masuk ke port 1 dibagai rata antara port 2 dan port 3, dengan pergeseran fasa 90° antara kedua outputnya. Tidak ada power yang dicoupled ke port 4 (isolated port). Matriks [S] untuk *branch line coupler* dinyatakan oleh [7].

$$[S] = -\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & S_{14} \\ S_{12} & S_{22} & S_{23} & S_{24} \\ S_{13} & S_{23} & S_{33} & S_{34} \\ S_{14} & S_{24} & S_{34} & S_{44} \end{bmatrix} \tag{3}$$

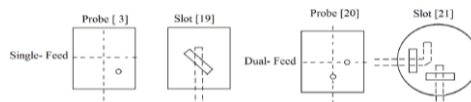
Branch line coupler memiliki derajat simetri yang tinggi, sehingga semua portnya dapat bekerja sebagai input. Output portnya akan selalu berada di sisi yang berlawanan dengan input port, dan isolated port akan selalu berada disatu sisi dengan input port. Simetri ini terefleksi pada scattering matriksnya, dimana setiap baris dapat dicari dengan mentranspos baris pertamanya.

- **Coupling Factor**
Coupling factor (dB) = $10 \log \frac{P_1}{P_2}$, dimana P 1 adalah *input power* dan P 3 adalah *output power* dari *coupled port*.
- **Loss** Pada ideal *branch line coupler*, loss pada port 1 ke port 2 yang disebabkan *power coupled* dengan *coupled output port* adalah : *Insertion loss* (dB) = $10 \log [1 - \frac{P_3}{P_1}]$
Loss sebenarnya yang terjadi pada *branch line coupler* adalah kombinasi antara coupling loss, dielectric loss, conductor loss, dan *VSWR loss*.
- **Isolasi** pada sebuah *branch line coupler* dapat didefinisikan sebagai perbedaan pada sinyal level dalam dB antara *input port* dan *isolated port* ketika dua *output port* diakhiri dengan matched load.
Isolation (dB) = $- 10 \text{ Log } \frac{P_4}{P_1}$
- **Isolasi** juga dapat didefinisikan hubungan antara dua *output port*. Pada kasus ini, salah satu *output port* dianggap sebagai *input* dan *output* lainnya tetap menjadi *output*, dimana dua *port* lainnya (input dan isolated) diakhiri dengan *matched load*. Maka.
Isolation (dB) = $- 10 \text{ Log } \frac{P_3}{P_2}$
- **Isolasi** antara *input* dan *isolated port* dapat berbeda dengan isolasi antara dua *output port*. Sebagai contoh, isolasi antara port 1 dan port 4 bisa 30 dB, sedangkan isolasi antara port 2 dan port 3 bisa memiliki nilai yang berbeda misal 25 dB. Jika pengukuran isolasi tidak dapat dilakukan dua-duanya, maka nilainya dianggap sama. Isolasi harus sebaik mungkin. Dalam keadaan sebenarnya, *isolated port* tidak pernah terisolasi secara sempurna. Pasti ada beberapa *power RF* yang akan melewatinya
- **Directivity** berhubungan langsung dengan isolasi. *Directivity* didefinisikan Sebagai:
Isolation (dB) = $- 10 \log = - 10 \log + 10 \log$

dimana P 3 adalah *output power* dari *coupled port* dan P 4 adalah *output power* dari *isolated port*. *Directivity* harus se bagus mungkin. *Directivity* tidak dapat diukur secara langsung, tetapi dapat dari pengukuran isolasi dan *coupling*, $Directivity (dB) = Isolation (dB) - Coupling (dB)$.

2.4 Higher order atau orthogonal mode dual-frequency patch antennas

Mode *orthogonal* antena *patch* frekuensi ganda memiliki dua frekuensi resonansi dengan polarisasi *ortogonal* yang ditunjukkan pada Gambar. 2.9. Operasi frekuensi ganda mode *ortogonal* dapat diperoleh dengan menggunakan *single-feed* dari *dual-feed*. Metode ini digunakan dalam aplikasi *low cost* dan jarak dekat, tetapi keterbatasan metode ini adalah, bahwa dua frekuensi yang berbeda dihasilkan dengan polarisasi *ortogonal*.



Gambar 2.3 Higher order or orthogonal mode dual-frequency patch antennas [11]

Mode *orthogonal* antena *patch* frekuensi ganda dapat diperoleh dengan menggunakan *orthogonal feed rectangular MSA* sederhana. Sederhananya *rectangular MSA* memiliki lebar *patch* W dan panjang *patch* L. Kedua frekuensi resonansi baru dihasilkan f_{10} dan f_{01} tergantung pada L dan W.

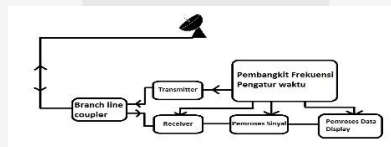
Ketika *feed point* berada pada posisi *ortogonal*, dua frekuensi resonansi f_{10} dan f_{01} dapat diperoleh [11]. Cara lain untuk mendapatkan operasi frekuensi ganda mode *ortogonal*, dengan menggunakan *slot* miring, dalam hal ini, *patch* tertarik melalui *slot* miring di *ground plane* dari *feed line* mikrostrip. Dua frekuensi resonansi dihasilkan oleh mode TM_{01} dan TM_{10} . Kedua frekuensi memiliki polarisasi *ortogonal* [11].

Untuk *MSA single feed* frekuensi ganda, jika satu frekuensi digunakan untuk tujuan transmisi dan yang lainnya untuk keperluan penerimaan, untuk mengasingkan penerima dari pemancar, duplexer atau sirkulator diperlukan. *MSA dual feed* frekuensi ganda menghindari penggunaan duplexer atau sirkulator dengan memberi *feed MSA rectangular* pada dua titik *ortogonal* [11]. Sebuah *patch* melingkar tertarik dengan dua garis mikrostrip *ortogonal* melalui dua *slot ortogonal* dipotong di *ground plane*. Dengan mengubah dimensi *slot*, operasi *dual band* dapat diperoleh dengan polarisasi *ortogonal* [11].

3 Desain dan Simulasi Sistem

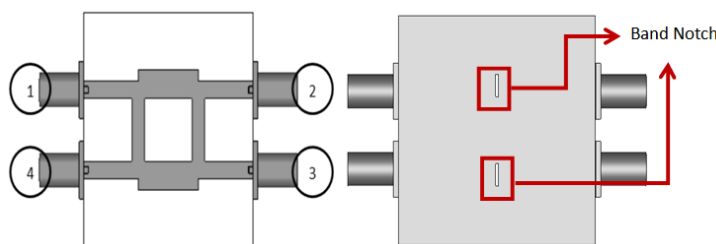
3.1 Spesifikasi Perancangan Coupler

Prosedur Perancangan *Coupler Line* dimulai dari penentuan frekuensi kerja, *Bandwidth*, impedansi dan Isolasi. *Coupler* adalah jenis Duplexer yang akan digunakan pada monostatic radar. Monostatic radar adalah jenis radar yang hanya memiliki sebuah antena yang digunakan untuk memancarkan maupun menerima sinyal. Radar ini memiliki suatu bagian yang disebut duplexer untuk memisahkan antara penerima dan pemancar. Radar monostatic biasanya menggunakan bentuk gelombang (Waveform) Namun dapat juga menggunakan CW (Continuous Wave). Untuk desain radar monostatic CW digunakan suatu alat yang disebut circulator untuk memisahkan antara gelombang yang dipancarkan dan diterima. Radar jenis ini mendominasi jenis-jenis radar yang ada saat ini.



Gambar 3.1 Blok diagram Radar Secara Umum

3.2 Hasil Simulasi Tipe-T dengan Penambahan Notch



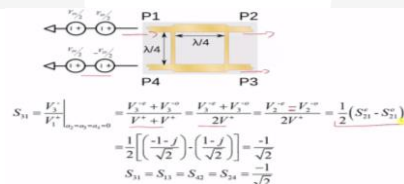
Gambar 3.2 Nilai Hasil Perhitungan Tipe T dengan penambahan *Band Notch*

Tabel 1. Perbandingan Hasil Perhitungan, Optimasi dan *Band Notch*

Parameter	Perhitungan	Optimasi	<i>Band Notch</i>
S ₁₁	-12.84	-22.81	-26.97
S ₂₂	-12.90	-22.59	-26.63
S ₃₃	-12.90	-22.59	-26.65
S ₄₄	-12.84	-22.81	-26.98
S ₁₂	-3.31	-3.31	-3.23
S ₂₁	-3.31	-3.31	-3.23
S ₁₃	-4.90	-3.79	-3.81
S ₃₁	-4.90	-3.79	-3.81
S ₁₄	-12.35	-28.54	-36.60
S ₄₁	-12.35	-28.54	-36.60
S ₂₁	-64.58°	-5.72°	-8.33°
S ₁₂	-64.58°	-5.72°	-8.33°
S ₃₁	-148.36°	-94.86°	-97.36°
S ₁₃	-148.36°	-94.86°	-97.36°
Port 1	1.59	1.15	1.09
Port 2	1.58	1.16	1.09
Port 3	1.58	1.16	1.09
Port 4	1.59	1.15	1.09
Perbandingan Phase	83.78°	89.13°	89.02°
	83.78°	89.13°	89.02°

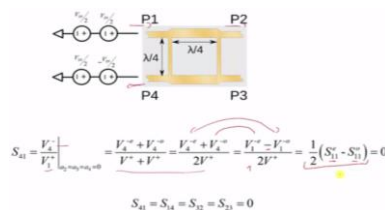
3.3 Analisis signal pada branch coupler

Untuk gelombang yang keluar dari *Port 1* karena gelombang masuk ke *Port 1* semua berarti telah menghentikan semuanya dalam impedansi karakteristiknya. Jadi, tidak ada gelombang yang datang dan tidak ada pantulan. Dengan gelombang singular adalah $V + V +$, dan kemudian akan memiliki refleksi *Mode Event* dan refleksi *Mode Odd*. Maka sinyal hanya masuk ke S_{11} , keduanya adalah bernilai 0, maka $S_{11} = 0$, begitu pula untuk perhitungan matematis yang sama karena simetri untuk S_{22} , S_{33} , S_{44} , bernilai 0 yang sesuai dengan teory pada bab 2. Pemahaman ini merupakan salah satu tujuan besar yang ingin penulis lakukan dalam per kayakasaan adalah memastikan bahwa *coupler* tidak memiliki pantulan apapun karena saluran transmisi ke arah berikutnya dan mungkin datangnya sinyal dari tempat lain. Dan jika ini Z_0 , dan jika impedansi masukan adalah Z_0 , maka $Z_{in}=Z_{out}$.



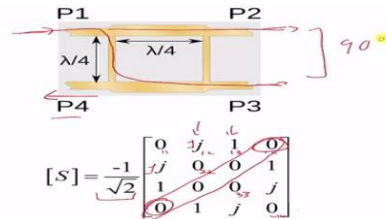
Gambar 3.3 Proses pergerakan signal gelombang [6]

Pada S_{21} yang merupakan gelombang yang keluar dari *port 2*, dan masuk, yang berupa tegangan minus yang keluar dari *port*. Jadi, sekali lagi "in" adalah $V +$ dan $V +$ pada dasarnya akan memiliki gelombang yang keluar dari *port 2* karena gelombang dan karena mode ganjil di *port 2*, proses tersebut bisa dilakukan perhitungan matematis. Penulis menggunakan persamaan yang benar untuk itu dan saya mendapatkan nilai S_{21} dan menggunakan persamaan matematis untuk menyelesaikan S_{21} dan S_{12} dengan sistem pasif dan sistem timbal balik pasif. Begitu pula untuk S_{34} dan S_{43} .



Gambar 3.4 Proses pergerakan signal gelombang 2 [6]

Tidak kalah penting adalah kopling S_{41} . Apa yang keluar dari 41, dari sinyal yang datang dari *port* 1, dengan persamaan matematis yang sama, dan saya melakukan trik yang sama di sini, di mana penulis menyadari bahwa apa yang keluar dari sini adalah dapat dicerminkan dari apa yang keluar dari *port* 1. Karena itu penulis hanya menempatkan minus pada *Odd Mode* pada S_{11} . Dan pada kasus *signal port* 4 dan 1 dimulai dari S_{11} dan keduanya sama-sama tetap bernilai 0.



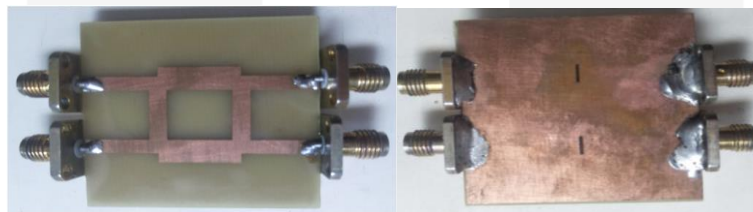
Gambar 3.5 Proses pergerakan signal yang dikirimkan dan kebocoran [6]

3.7 Band notch filter

Band notch filter bisa digunakan untuk menolak satu atau beberapa *band* frekuensi yang sangat kecil daripada keseluruhan *bandwidth* dengan frekuensi yang berbeda. Mungkin perlu untuk menolak atau menipiskan frekuensi tertentu menghasilkan gangguan listrik yang telah diinduksi ke dalam rangkaian dari beban induktif. *Band notch filter* berdasarkan skema memiliki *band stop* yang sangat sempit dan sangat dalam di sekitar frekuensi tengahnya dengan lebar *notch* yang digambarkan oleh selektifitas Q dengan cara yang persis sama seperti puncak frekuensi resonansi pada rangkaian RLC. Hasil yang didapat dari penambahan *band notch filter* adalah sebagai berikut:

- *Return loss* yang lebih tajam atau lebih kecil.
- Kopling yang jauh lebih rendah.
- Nilai *VSWR* yang lebih mendekati 1.

4 Hasil dan Analisis



Gambar 4.1. Hasil Fabrikasi Tipe T dengan penambahan *Band Notch*

Setelah mendapatkan spesifikasi perancangan *coupler* yang diinginkan pada simulasi menggunakan software simulasi 3D, selanjutnya proses realisasi *coupler* agar dapat diuji. *Coupler* yang telah dibuat berdimensi 38.307 mm x 38.58 mm. Berikut adalah hasil dari realisasi *coupled line* pada frekuensi 3 GHz.

4.1 Hasil Return Loss

Return Loss menunjukkan karakteristik sinyal yang dipantulkan kembali menuju sumber. Semakin kecil nilai daya atau *return loss* maka semakin kecil pula daya yang kembali menuju sumber, sehingga daya yang tersalurkan menuju beban semakin maksimal. pengukuran *return loss* pada *coupler* berada pada frekuensi tengah 3 GHz sebesar -23.824 dB yang ditandai pada marker 2. Pada frekuensi 2,702 GHz nilai *return loss* sebesar -10.015 dB yang ditandai dengan marker 1. Pada frekuensi 3,312 GHz nilai *return loss* sebesar -10.018 dB yang ditandai dengan marker 3. *Bandwidth* yang ditunjukkan pada marker 1 dan marker 3 pada daerah frekuensi kerja pada waktu pengukuran *bandwidth coupler* sebesar 610 MHz. Marker 1 menunjukkan frekuensi cut off bawah dan marker 3 menunjukkan frekuensi cut off atas. Nilai *return loss* pada *coupler* ini ≤ -10 dB yang berarti sesuai dengan spesifikasi *coupler*.

4.2 Hasil Insetion Loss

Insertion Loss adalah rugi – rugi daya yang dihasilkan karena penyisipan perangkat antara sumber dan beban. Daya yang dikirimkan dari dari port input menuju port output. ada yang direfleksikan kembali ke sumber dan ada yang ditransfer ke beban, namun daya yang ditransfer ke beban ini sebagian akan hilang karena komponen pada rangkaian, hilangnya daya inilah yang disebut *Insertion loss*. Daya yang ditransmisikan *coupler* diusahakan sebesar mungkin agar sinyal yang melewati *coupler* tidak banyak teredam. Hasil pengukuran *Insertion loss* S_{12} dan S_{21} pada *coupler* berada pada frekuensi 3 GHz sebesar -4.853 dB yang ditandai pada

marker 2. Nilai *Insertion loss* hasil pengukuran mendekati nilai *Insertion loss* hasil simulasi. Dengan selisih 1 dB.

Insertion loss yang dihasilkan oleh *coupler* ini masih terbilang kecil maka daya output yang dihasilkan oleh *coupler* juga kecil, nilai *Insertion loss* yang efisien itu berada di range 0 sampai -3dB. Sehingga penggunaan daya pada *coupler* ini tidak terlalu efisien dikarenakan beberapa faktor, diantaranya adalah *Loss Dielektrik* (rugi-rugi bahan), dan *Loss Pabrikasi* (proses etching dan penyolderan konektor). Namun dengan *Insertion loss* dibawah -6 dB sudah termasuk *coupler* dengan kinerja yang bagus. Secara teori, *coupler* yang dihasilkan -3 dB, dengan hasil pengukuran -4,853 dB yang artinya *loss* yang terjadi sebesar 1,8 dB.

4.3 Kopling dan Isolasi

Kopling merupakan suatu efek yang terjadi, jika 2 atau lebih konduktor saling berdekatan, baik seluruh dialiri arus listrik maupun hanya salah satu. Dalam *coupler*, kopling yang terjadi disebabkan oleh dari dua saluran transmisi yang berdekatan, pada *coupler* port 1 dan 4 memiliki jarak $\frac{1}{2}$ lamda, dengan demikian phase yang mengalir memiliki selisih 90° , sehingga antara masing-masing saluran transmisi yang berada pada port 1 dan 4 tidak saling mempengaruhi. Idealnya semakin kecil nilai isolasi yang di hasilkan, semakin bagus kinerja *coupler*.

Hasil pengukuran Isolasi S_{14} dan S_{41} pada *coupler* berada pada frekuensi 3 GHz sebesar -38.992 dB yang ditandai pada marker. Nilai Isolasi hasil pengukuran mendekati nilai Isolasi hasil simulasi -39.810693, dengan selisih 1 dB.

4.4 Phase

Phase merupakan faktor utama yang perlu diperhatikan dalam perancangan *coupler*. Phase yang dirancang diharapkan dapat bergeser $\frac{1}{2}$ lamda atau 90° , antara port 1 ke 2 dan port 1 ke 3, begitu pula sebaliknya. Pergeseran tersebut memberikan delay kepada salah satu keluaran sinyal. Berdasarkan hasil simulasi, phase bergeser 89° atau mendekati 90° . Hasil pengukuran Phase S_{12} dan S_{21} pada *coupler* berada pada frekuensi 3 GHz sebesar -91.66° yang ditandai pada marker. Nilai Isolasi hasil pengukuran mendekati nilai Isolasi hasil simulasi -90° , dengan selisih 1° . Dalam pengukuran yang menghasilkan selisih phase pada teori, simulasi dan pengukuran sangat bagus, sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

Dan hasil pengukuran Phase S_{13} dan S_{31} pada *coupler* berada pada frekuensi 3 GHz sebesar -1.8° yang ditandai pada marker. Nilai Isolasi hasil pengukuran mendekati nilai Isolasi hasil simulasi -1° , dengan selisih 0.8° . Dalam pengukuran yang menghasilkan selisih phase pada teori, simulasi dan pengukuran sangat bagus, sesuai dengan spesifikasi yang di inginkan.

4.5 Analisis Hasil Pengukuran

Tabel 4.1 Perbandingan parameter hasil pengukuran dengan simulasi pada *coupler*

Parameter		Perhitungan	Optimasi	Band Notch	Pengukuran
S_{11}	Return loss (dB)	-12.84	-22.81	-26.97	-23.82
S_{22}		-12.90	-22.59	-26.63	-36.53
S_{33}		-12.90	-22.59	-26.65	-38.99
S_{44}		-12.84	-22.81	-26.98	-26.05
S_{12}	Insertion Loss (dB)	-3.31	-3.31	-3.23	-4.85
S_{21}		-3.31	-3.31	-3.23	-4.85
S_{13}		-4.90	-3.79	-3.81	-5.19
S_{31}		-4.90	-3.79	-3.81	-5.19
S_{14}	Kopling (dB)	-12.35	-28.54	-36.60	-38.99
S_{41}		-12.35	-28.54	-36.60	-38.99
S_{21}	Phase (derajat)	-64.58°	-5.72°	-8.33°	-1.8°
S_{12}		-64.58°	-5.72°	-8.33°	-1.8°
S_{31}		-148.36°	-94.86°	-97.36°	-91.66°
S_{13}		-148.36°	-94.86°	-97.36°	-91.66°
Port 1	VSWR	1.59	1.15	1.09	1.13
Port 2		1.58	1.16	1.09	1.03
Port 3		1.58	1.16	1.09	1.02
Port 4		1.59	1.15	1.09	1.10
Perbandingan Phase		83.78°	89.13°	89.02°	89.86°
		83.78°	89.13°	89.02°	89.86°

Tabel 4.2 Perbandingan Bandwidth Hasil Pengukuran dengan simulasi pada *coupler*

	Optimasi	Band Notch	Pengukuran
Frek. Atas	2,6 GHz	2,5 GHz	2,4 GHz
Frek. Bawah	3,8 GHz	3,8 GHz	3,3 GHz
Bandwidth	1,2 GHz	1,3 GHz	0,9 GHz

Hasil respon frekuensi pada pengukuran *coupler* sedikit berbeda dengan respon frekuensi hasil simulasi. Perbedaan kecuraman respon frekuensi dipengaruhi oleh proses perancangan menggunakan simulator dengan kondisi sekitar adalah ideal sedangkan pada proses realisasi dan pengukuran terdapat interferensi dari frekuensi pada udara bebas. Secara keseluruhan bentuk respon frekuensi hasil pengukuran tidak berbeda jauh dari hasil simulasi, perbandingan respon frekuensi simulasi dengan hasil pengukuran

5 Kesimpulan & Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan Penelitian tugas akhir yang telah dilakukan dengan judul *branch line coupler T-junction* dengan *notch band* untuk radar *s-band* 3 Ghz, dihasilkan *coupler* bertipe T dengan nilai S_{11} sebesar -22,81, S_{22} sebesar -22,59, S_{33} sebesar -22,59, S_{44} sebesar -22,81 yang merupakan nilai dari *return loss*. Nilai yang dihasilkan pada *insertion loss* menghasilkan nilai dari port 1 ke port 2 sebesar -3,31, port 2 ke port 1 sebesar -3,31, port 1 ke port 3 sebesar -3,79, port 3 ke port 1 sebesar -3,79. Untuk kopling yang dihasilkan bernilai dari port 1 ke port 4 sebesar -28,54, dari port 4 ke port 1 -28,54. Phase yang dihasilkan semua port bernilai sephase sebesar -5,7 dan -94,8 sedangkan nilai *vswr* port 1 sebesar 1,15, port 2 sebesar 1,16, port 3 sebesar 1,16, dan port 4 sebesar 1,15.

Dari hasil pengukuran didapatkan *return loss* dengan nilai S_{11} sebesar -23,82, S_{22} sebesar -36,53, S_{33} sebesar -38,99, S_{44} sebesar -26,05. Nilai yang dihasilkan pada *insertion loss* menghasilkan nilai dari port 1 ke port 2 sebesar -4,85, port 2 ke port 1 sebesar -4,85, port 1 ke port 3 sebesar -5,19, port 3 ke port 1 sebesar -5,19. Untuk kopling yang dihasilkan bernilai dari port 1 ke port 4 sebesar -38,99 dari port 4 ke port 1 sebesar -38,99. Phase yang dihasilkan semua port bernilai sephase sebesar -1,8 dan -91,66 sedangkan nilai *vswr* port 1 sebesar 1,13, port 2 sebesar 1,03, port 3 sebesar 1,02, dan port 4 sebesar 1,10.

Dari penelitian yang dilakukan didapatkan bahwa *coupler* yang dirancang sesuai dengan keinginan dan memberikan hasil yang bagus.

5.2 Saran

Perancangan *coupler* sebaiknya menggunakan bahan yang lebih bagus dari FR-4 yaitu seperti Roger droid 5880 yang memberikan hasil nilai *loss* atau rugi-rugi yang lebih kecil dan menggunakan *connector* yang lebih bagus seperti yang sertifikasi ROHS.

Daftar Pustaka :

- [1]. **DEVENDRA K. MISRA.** (2004). *Radio-Frequency and Microwave Communication Circuits, Analysis and Desain Second Edition*. JWS. New Jersey, California.
- [2]. **Parul Dawar,** Analysis of Microstrip Branchline Coupler using Sonnetlite, Dept. of ECE, GGSIPU University, Guru Tegh Bahadur Institute of Technology, New Delhi, India, 2012.
- [3]. **Farnoosh shirkani, dkk.** A Novel Tri-Band Branch-Line Coupler using Stepped Impedance Resonator, Department of Communication, Bushehr Branch, Islamic Azad University Bushehr, Iran.
- [4]. **Saputera, Y.P. ; Wahyu, Y. ; Wahab, M.,** "Development of Phase Inverter for Performance Improvement of FM-CW Radar", November 2015, 1 – 4, (IEEE Tencon), 2015, Macau.
- [5]. **Shailendra Singh, dkk.** Extended Port Dual Band Planar Branch Line Coupler, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering Website: www.ijetae.com (ISSN 2250-2459 (Online), Volume 4, Special Issue 1, February 2014).
- [6]. **E. Cristal and S. Frankel,** "Hairpin-Line and Hybrid Hairpin-Line/HalfWave Parallel-Coupled-Line Filters," IEEE Trans. on MTT, vol. 20, no. 11, pp. 719-728, November 1972.
- [7]. **Rodríguez, dkk.** Characterization of the Branch-line and Rat-Race ideal hybrids through their merit parameters, Rodríguez, Sebastián. Fajardo, Arturo. Paez, Carlos Department of Electronics Pontificia Universidad Javeriana (PUJ) Bogotá, Colombia.
- [8]. **Garg Rames,** Bhartia Prakash, Bahl Inder, "Microstrip Antenna Design Handbook", Artech House, Boston.London, 46.
- [9]. **R. Rhea,** HF Filter Design and Computer Simulation. Atlanta, GA: Noble Publishing, 1994.
- [10]. **Mashury Wahab, Yuyu Wahyu, and Yussi Perdana Saputera,** "Research and Development of Transportable Coastal Radar at S-band Frequency with FM-CW Technology for Supporting C4ISR", EEIC, Hongkong, 2013.
- [11]. **Jayaseelan Marimuthu, Mazlina Esa and S-Kamilah Yusof,** "Single-Stage Parallel Coupled Microstrip Line Bandpass Filter using Weak Coupling Technique, " 2008 IEEE international RF and Microwave conference Proceeding.