

ANALISA PERGESERAN FASA PADA PERANCANGAN DAN REALISASI BRANCH-LINE COUPLER UNTUK DETEKSI FASA PADA RADAR C-BAND

Arrizky Ayu Faradila Purnama¹, Aloysius Adya Pramudita², Edwar³

^{1, 2, 3} Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

⁴Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

¹arrzkyafp123@gmail.com, ²pramuditaadya@gmail.com,

³eduatgugel@gmail.com

Abstrak

Sejumlah radar menggunakan *I/Q demodulator* pada sisi penerima untuk melakukan pengolahan sinyal pantul dari objek yang diterimanya. *I/Q demodulator* merupakan suatu komponen yang berfungsi untuk memproses sinyal RF ke sinyal I (*In-phase*) dan sinyal Q (*Quadrature*). Pada *I/Q demodulator*, sinyal masukan akan dikalikan dengan dua sinyal dari LO (*Local Oscillator*) yang masing-masing berbeda fasa 90 yang kemudian digunakan sebagai mekanisme pendeteksi fasa. *Branch-line coupler* merupakan suatu rangkaian penggeser fasa yang dapat diimplementasikan dalam membangun *I/Q demodulator*. Akurasi pergeseran fasa yang dihasilkan *branch-line coupler* akan memberikan pengaruh terhadap hasil deteksi fasanya. Dalam perancangan dan realisasi *branch-line coupler* diperlukan suatu kajian untuk mengetahui ketepatan pergeseran fasa yang diperoleh. Pada penelitian ini dilakukan, suatu analisa kerja *branch-line coupler* hasil dari suatu perancangan dan realisasi yang telah dilakukan untuk suatu deteksi fasa pada radar *C-band* dengan basis *I/Q demodulator*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai pergeseran yang mendekati 90 menyebabkan nilai fasa sinyal keluaran sebanding dengan fasa sinyal datang.

Kata Kunci: *I/Q Demodulator, Branch-Line Coupler, Penggeser Fasa*

Abstract

Various of radars use *I/Q demodulator* at their receiver to perform a signal processing reflection from the receiving object. *I/Q demodulator* is a component that used to process RF signal to I (*In-phase*) signal and Q (*Quadrature*) signal. The input signal will be multiplied with two signals from the LO (*Local Oscillator*) that have 90 phase difference, and, after that the signal will be used as phase detector mechanism at *I/Q demodulator*. *Branch-line coupler* is a phase shifter circuit that can be implemented at *I/Q demodulator* development. The phase shift accuracy produced by the *branch-line coupler* will have an effect on the phase detection results. In the design and realization of *branch-line couplers*, a research is required to determine the accuracy of phase shifts obtained. This study analyzer of the performance of *branch-line coupler* produced from a design and the realization that has been done for a phase detector on *C-band radars* using *I/Q demodulator* base. The results of the study showed that the shift value reaching 90, that furthermore will cause the output signal phase value to be proportional to the incoming signal phase.

Key Words: *I/Q Demodulator, Branch-Line Coupler, Phase Shifter*

1. Pendahuluan

Radar dapat dimanfaatkan untuk mengukur jarak, mendeteksi mengenai perubahan cuaca, dan membuat pemetaan benda-benda. Sistem radar merupakan suatu metode pengindraan jarak jauh menggunakan gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh antena transmiter kemudian dipantulkan oleh objek dan akan diterima oleh antena receiver, sehingga sinyal yang diterima pada antena receiver akan dianalisa dan diproses [1]. Dalam pemrosesan sinyal, sejumlah radar

menggunakan *I/Q demodulator* pada bagian penerima untuk menerima untuk melakukan pengolahan sinyal yang diterima pada antena receiver.

I/Q Demodulator merupakan suatu komponen yang berfungsi untuk memproses sinyal Radio Frekuensi (RF) ke sinyal analog I (*In-phase*) dan sinyal Q (*Quadrature*). Pada *I/Q Demodulator*, sinyal masukan akan dikalikan dengan dua sinyal dari LO (*Local Oscillator*) yang masing-masing berbeda fasa 90. Hasil perkalian tersebut adalah sinyal keluaran yang disebut sinyal I (*In-phase*)

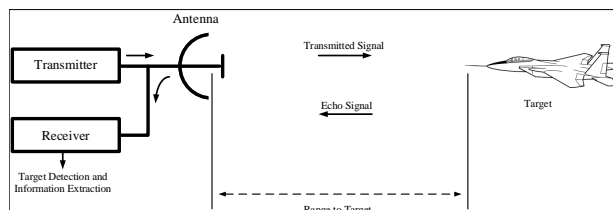
dan sinyal Q (*Quadrature*) [2]. Dalam komponen I/Q *Demodulator* diperlukan rangkaian penggeser fasa yang digunakan untuk membagi sinyal LO menjadi dua buah sinyal yang berbeda fasa sebesar 90. Salah satu rangkaian dengan karakteristik penggeser fasa 90 adalah *branch-line coupler*.

Branch-line coupler merupakan *multiport network* dengan keseluruhan *port*-nya saling bersesuaian satu dengan yang lain dan memiliki karakteristik menggeser fasa keluarannya sebesar 90 [3]. *Branch-line coupler* biasanya digunakan pada sebagian besar perangkat yang mencakup *amplifier*, *mixer*, dan banyak digunakan sebagai rangkaian penggeser fasa maupun pembagi daya [4]. Akurasi pergeseran fasa yang dihasilkan *branch-line coupler* akan memberikan pengaruh terhadap hasil deteksi fasanya. Dalam perancangan dan realisasi *branch-line coupler* diperlukan suatu kajian untuk mengetahui ketepatan pergeseran fasa yang diperoleh. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa kerja *branch-line coupler* hasil dari suatu perancangan dan realisasi yang telah dilakukan untuk suatu deteksi fasa pada radar *C-band* (5700-5900 MHz)

2. Dasar Teori

2.1 Radar

Radio Detecting and Ranging atau yang lebih dikenal dengan istilah radar merupakan sebuah sistem dengan menggunakan gelombang elektromagnetik yang digunakan untuk mendeteksi, mengukur jarak, dan membuat pemetaan benda-benda, serta mendeteksi mengenai perubahan cuaca. Prinsip kerja radar adalah dengan memanfaatkan konsep *transmitter - receiver* ketika gelombang elektromagnetik dipancarkan oleh antena *transmitter*, kemudian dipantulkan oleh target dan akan diterima oleh antena *receiver*. Sinyal yang diterima pada *receiver* selanjutnya akan dianalisa dan diproses, sehingga target dapat terdeteksi[1]. Pergeseran fasa yang terjadi pada sinyal pantul berkaitan dengan jarak target, sehingga kemampuan kinerja deteksi fasa akan mempengaruhi akurasi deteksi jarak target. Adapun prinsip kerja radar di jelaskan seperti pada Gambar 1.

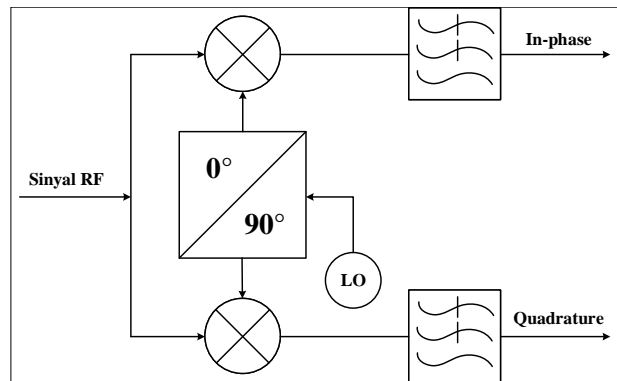


Gambar 1. Prinsip Kerja Radar

2.2 I/Q Demodulator

I/Q demodulator merupakan komponen pemrosesan sinyal RF langsung ke sinyal analog I

(*In-phase*) dan sinyal Q (*Quadrature*) dan kemudian dikonversi menjadi data digital. *I/Q demodulator* diilustrasikan pada Gambar 2. Fungsi *I/Q demodulator* didasarkan pada sinyal input RF yang dipecah dan dikali dengan dua sinyal dari LO (*Local Oscillator*) yang salah satu fasanya digeser sebesar 90. Pergeseran fasa ini akan membedakan sinyal I (*In-phase*) dan Q (*Quadrature*) [2][5].



Gambar 2. I/Q Demodulator

Pengoperasian *I/Q demodulator* dapat dijelaskan dengan mewakili sinyal input RF sebagai kombinasi dari dua *carrier quadrature* termodulasi [6], mengikuti persamaan (1) dan (2):

$$X_{RF}(t) = X_i(t) + X_Q(t) \tag{1}$$

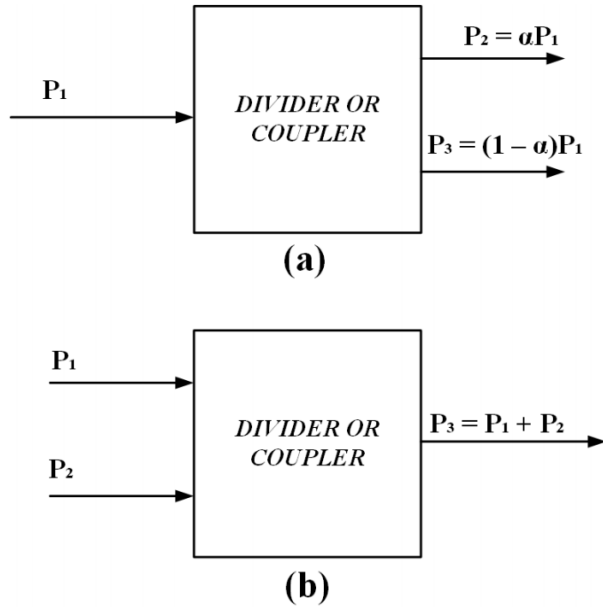
$$X_{RF} = X_i \cos(2\pi f_0 t) + X_Q \cos(2\pi f_0 t) \tag{2}$$

2.3 Branch-Line Coupler

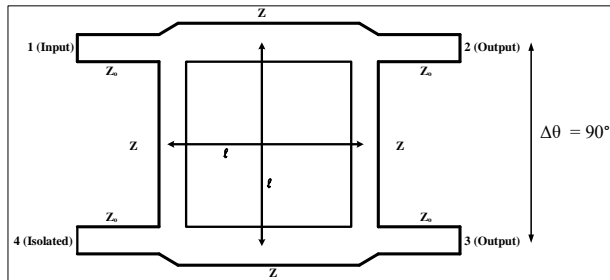
Coupler merupakan komponen gelombang mikro pasif yang digunakan sebagai pembagi daya dan penggabung daya, yang diilustrasikan pada Gambar 3. Pada pembagi daya, sinyal masukkan akan dibagi menjadi dua atau lebih sinyal keluaran, sebaliknya pada penggabungan sinyal akan menerima dua atau lebih sinyal masukkan dan akan dikombinasikan sinyal-sinyal tersebut pada *port* keluaran [3].

Branch-line coupler merupakan *multiport network* dengan keseluruhan *port*-nya saling bersesuaian dengan karakteristik menggeser fasa keluarannya sebesar 90. *Branch-line coupler* digunakan dalam perangkat gelombang mikro pada *mixer*, *power amplifier*, *modulator*, dan *array antenna* [7]. *Coupler* ini terdiri dari dua jalur transmisi utama yang dihubungkan dengan dua jalur sekunder (jalur cabang). *Port* pertama (P1) sebagai input *port*, *port* kedua (P2) dan ketiga (P3) sebagai output *port* dan *port* keempat (P4) adalah *isolation port*. Adapun model *branch-line coupler* sebagai rangkaian penggeser fasa ditunjukkan pada Gambar 4

Prinsip kerja pada *branch-line coupler* dengan semua *port* dalam keadaan *matched*, daya yang masuk ke



Gambar 3. (a) Pembagi Daya dan (b) Penggabung Daya

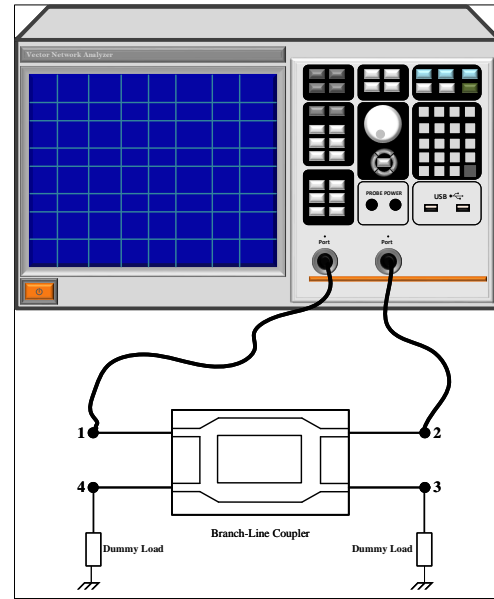


Gambar 4. Branch-Line Coupler

port-1 (P1) dibagi rata antara port-2 (P2) dengan port-3 (P3), pada kedua output port terjadi pergeseran fasa sebesar 90. Tidak ada daya diteruskan ke port-4 (P4) [3].

3. Hasil Pergeseran Fasa

Untuk menyatakan bahwa *branch-line coupler* memiliki karakteristik sebagai rangkaian penggeser fasa, maka parameter yang dianalisis adalah selisih fasa antara port-2 (S12) dan port-3 (S13). Hasil dari pergeseran fasa didapatkan dalam dua acara yaitu simulasi dengan menggunakan *software 3D electromagnetic design* dan pengukuran pada realisasi *branch-line coupler* dengan menggunakan *Vector Network Analyzer T5280A 300 KHz 8 GHz*. Adapun skenario pengukuran untuk mendapatkan pergeseran fasa ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengukuran Realisasi Branch-Line Coupler

3.1 Pergeseran Fasa Hasil Simulasi

Untuk memeriksa karakteristik pergeseran fasa, maka ditinjau dari fasa *output*-nya. Dari hasil simulasi pada Gambar 6, ditunjukkan bahwa pada frekuensi tengah 5,8 GHz didapatkan fasa pada S12 sebesar 92,554 dan fasa pada S13 sebesar 2,909 sehingga perbedaan fasa antara S12 dan S13 sebesar 89,646. Pada rentang frekuensi 5,7-5,9 GHz memiliki perbedaan fasa mendekati 90 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

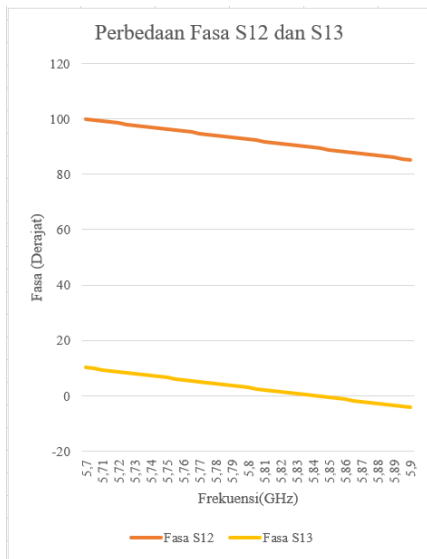
3.2 Pergeseran Fasa Hasil Realisasi

Perancangan *branch-line coupler* dengan kebutuhan sebagai rangkaian penggeser fasa 90. Untuk memeriksa karakteristik pergeseran fasa direalisasikan, maka ditinjau dari fasa *output*-nya. Pergeseran fasa dilihat dari hasil selisih antara fasa *output*-nya yaitu pada port-2 (P2) dan port-3 (P3).

Hasil pengukuran fasa S12 dan S13 menunjukkan bahwa nilai perbedaan dapat dilihat jelas pada Gambar 7 dan Tabel 2.

4. Analisa Pergeseran Fasa Branch-Line Coupler

Branch-line coupler merupakan salah satu rangkaian penggeser fasa 90 yang digunakan pada *I/Q demodulator* untuk membagi sinyal dari LO menjadi dua buah sinyal yang berbeda fasa sebesar 90. Pada *I/Q demodulator*, sinyal masukkan akan dikalikan dengan dua sinyal dari *local oscillator* yang masing-masing berbeda fasa sebesar 90. Gambar 8 menunjukkan bahwa pada keluaran dari LPF (*Low Pass Filter*) setelah terjadi tahap pengalihan merupakan sinyal yang sama dengan



Gambar 6. Perbedaan Fasa Berdasarkan Hasil Simulasi

besar sinyal masukkan. Sehingga untuk menghitung besar hasil keluaran I (*In-phase*) dan Q (*Quadrature*) adalah sesuai dengan persamaan (3), (4), dan (5):

$$I = A \cos(2\pi f_0 t + \theta) \cdot \cos(2\pi f_0 t) \quad (3)$$

$$I = \frac{A}{2} \cos(4\pi f_0 t + \theta) + \frac{A}{2} \cos(\theta) \quad (4)$$

$$I = \frac{A}{2} \cos(\theta) \quad (5)$$

Untuk nilai keluaran dari Q (*Quadrature*) adalah mengikuti persamaan (6), (7), dan (8).

$$Q = A \cos(2\pi f_0 t + \theta) \cdot \cos(2\pi f_0 + \theta_{shifter}) \quad (6)$$

$$Q = \frac{A}{2} \cos(4\pi f_0 t + \theta + \theta_{shifter}) + \frac{A}{2} \cos(\theta + \theta_{shifter}) \quad (7)$$

$$Q = \frac{A}{2} \cos(\theta + \theta_{shifter}) \quad (8)$$

dimana:

θ = fasa sinyal datang.

$\theta_{shifter}$ = besar pergeseran fasa

I = sinyal *In-phase*.

Q = sinyal *Quadrature*.

Untuk mendapatkan nilai yang sama antara nilai masukan dan nilai keluaran, maka dibutuhkan

Tabel 1. Perbedaan Fasa Berdasarkan Hasil Simulasi.

Frek (GHz)	Fasa S12(°)	Fasa S13(°)	$\Delta\theta$ (°)
5,70	99,874	10,164	89,709
5,71	99,142	9,427	89,716
5,72	98,410	8,692	89,719
5,73	97,678	7,960	89,719
5,74	96,946	7,230	89,716
5,75	96,214	6,504	89,710
5,76	95,482	5,780	89,702
5,77	95,750	5,059	89,691
5,78	94,018	4,340	89,678
5,79	93,286	3,623	89,663
5,80	92,554	2,909	89,646
5,81	91,822	2,196	89,626
5,82	91,091	1,486	89,605
5,83	90,359	0,778	89,581
5,84	89,627	0,071	89,559
5,85	88,890	-0,634	89,529
5,86	87,164	-1,337	89,500
5,87	87,432	-2,038	89,470
5,88	86,699	-2,738	89,438
5,89	85,967	-3,437	89,404
5,90	85,234	-4,134	89,368

pergeseran fasa sebesar 90, hal itu dibuktikan pada persamaan (9) berikut:

$$Q_{shifter} = \tan^{-1} \left(\frac{Q}{I} \right) \quad (9)$$

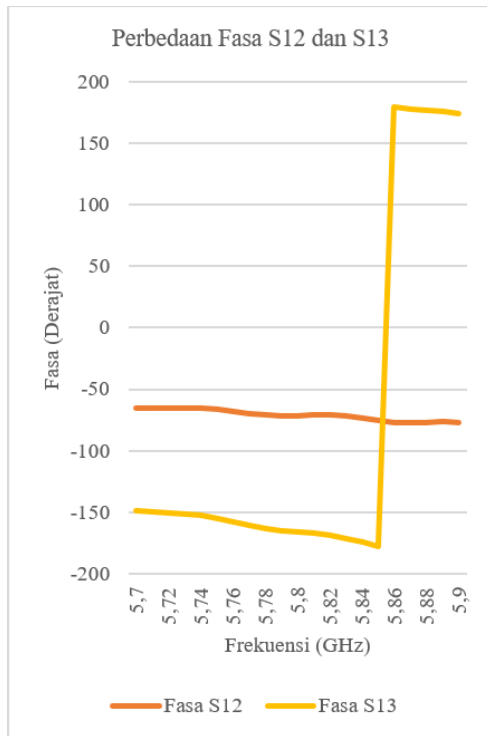
$$Q_{output} = \tan^{-1} \left(\frac{\frac{A}{2} \cos(\theta - \theta_{shifter})}{\frac{A}{2} \cos(\theta)} \right) \quad (10)$$

$$Q_{output} = \tan^{-1} \left(\frac{\frac{A}{2} \cos(\theta - 90^\circ)}{\frac{A}{2} \cos(\theta)} \right) \quad (11)$$

$$Q_{output} = \tan^{-1} \left(\frac{\sin(\theta)}{\cos(\theta)} \right) \quad (12)$$

$$Q_{output} = \tan^{-1}(\theta) \quad (13)$$

Dengan menggunakan persamaan (9)-(13), maka dapat digunakan untuk menganalisa pengaruh penggeseran fasa pada hasil simulasi dan pengukuran. Nilai pergeseran fasa sendiri diambil dari hasil simulasi pada Tabel 1 dan hasil pengukuran pada Tabel 2. Untuk menentukan pengaruh pergeseran fasa maka di asumsikan nilai fasa sinyal datang sebesar 30, 45, 60, 75. Dengan menggunakan asumsi tersebut maka nilai dari fasa sinyal datang dan nilai dari fasa sinyal keluaran dapat dibandingkan.



Gambar 7. Perbedaan Fasa Berdasarkan Hasil Realisasi

Tabel 2. Perbedaan Fasa Berdasarkan Hasil Simulasi.

Frek (GHz)	Fasa S ₁₂ (°)	Fasa S ₁₃ (°)	$\Delta\theta$ (°)
5,70	-65,301	-148,775	83,474
5,71	-65,706	-150,003	84,297
5,72	-65,702	-150,505	84,803
5,73	-65,520	-151,082	85,562
5,74	-65,575	-152,440	86,864
5,75	-66,256	-154,755	88,499
5,76	-67,695	-157,790	90,095
5,77	-69,468	-160,864	91,396
5,78	-70,912	-163,387	92,472
5,79	-71,498	-164,990	93,493
5,80	-71,203	-165,881	94,677
5,81	-70,549	-166,753	96,204
5,82	-70,462	-168,292	97,831
5,83	-71,456	-170,939	99,484
5,84	-73,397	-174,344	100,947
5,85	-75,641	-177,870	102,229
5,86	-77,186	179,284	-256,470
5,87	-77,309	177,610	-254,918
5,88	-76,668	176,729	-253,393
5,89	-76,248	175,786	-252,034
5,90	-77,015	173,942	-250,957

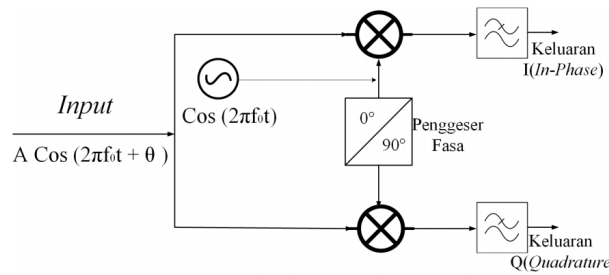
4.1 Analisa Pengaruh Pergeseran Fasa pada Hasil Simulasi

Berikut ini merupakan tabel yang menunjukkan perbandingan nilai antara fasa sinyal datang dan fasa nilai keluaran yang ditunjukkan pada Tabel 3.

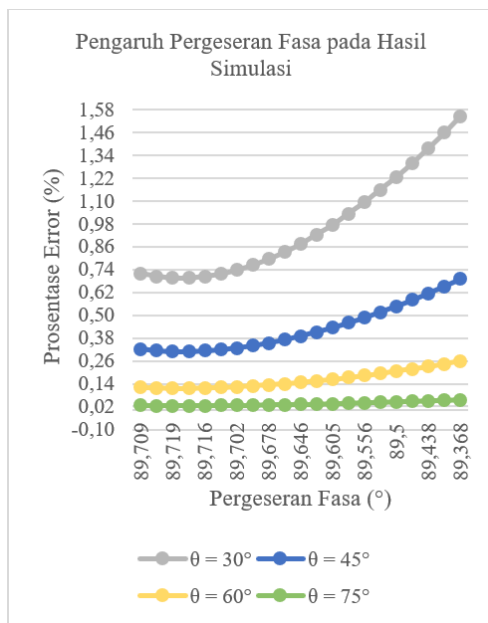
Tabel 3 menunjukkan deteksi nilai fasa sinyal keluaran dari branch-line coupler hasil dari simulasi. Berdasarkan Tabel 3, rata-rata pergeseran fasa hampir mendekati nilai 90, sehingga nilai fasa keluaran yang mendekati nilai dari fasa sinyal datang. Dapat dilihat bahwa perbedaan yang paling minimum antara fasa sinyal datang dan fasa sinyal keluaran pada pergeseran fasa adalah 89,719, yaitu fasa sinyal datang 30 dengan fasa sinyal keluaran 30,21, fasa sinyal datang 45 dengan fasa sinyal keluaran 45,13981, fasa sinyal datang 60 dengan fasa sinyal keluaran 60,0698, dan ketika fasa sinyal datang 75 dengan fasa sinyal keluaran 75,01863. Hal ini berbanding terbalik pada saat nilai pergeseran fasa sebesar 89,638 yaitu memiliki nilai selisih maksimum antara fasa sinyal datang dengan fasa sinyal keluaran. Dari data pada Tabel 3, maka dapat dicari nilai persentase *error* atau selisih yang diakibatkan besar kecilnya nilai pergeseran fasa. Gambar 9 menunjukkan persentase *error* terhadap besar pergeseran fasa.

Gambar 9 menunjukkan grafik persentase *error* yang diakibatkan pergeseran fasa. Dapat dilihat bahwa ketika pergeseran fasa memiliki nilai mendekati nilai 90,

yaitu pergeseran fasa sebesar 89,719 akan memiliki nilai persentase *error* paling kecil sebesar 0,6951% untuk fasa sinyal datang 30, 0,3097% untuk fasa sinyal datang 45, 0,1162% untuk fasa sinyal datang 60, dan 0,0248% untuk fasa sinyal datang 75. Dan untuk nilai pergeseran fasa menjauhi dari 90 memiliki persentase *error* paling besar, seperti pada pergeseran fasa 89,368 yaitu dengan fasa sinyal datang 30 persentase *error* yang terjadi sebesar 1,5432%, fasa sinyal datang 45 persentase *error* yang terjadi sebesar 0,6897%, fasa sinyal datang 60 persentase *error* yang terjadi sebesar 0,2589%, dan fasa sinyal datang 75 persentase *error* yang terjadi sebesar 0,0551%. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa ketika nilai pergeseran fasa semakin mendekati nilai 90, maka selisih antara nilai fasa sinyal datang dan fasa sinyal keluaran semakin kecil atau bisa dikatakan fasa sinyal keluaran sebanding dengan nilai fasa sinyal datang hal itu dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 9, sedangkan untuk pergeseran fasa yang nilainya menjauhi 90, fasa sinyal keluaran memiliki nilai yang cukup besar atau bisa dikatakan memiliki selisih yang cukup besar terhadap nilai fasa sinyal datang, sehingga nilai dari fasa sinyal keluaran nilainya tidak sama dengan nilai fasa sinyal datang.



Gambar 8. Kebutuhan I/Q Demodulator untuk Rangkaian Penggeser Fasa



Gambar 9. Grafik Persentase Error Terhadap Pergeseran Fasa Hasil Simulasi

4.2 Analisa Pengaruh Pergeseran Fasa pada Hasil Realisasi

Tabel 4 menunjukkan deteksi nilai fasa sinyal keluaran dari *branch-line coupler* hasil dari pengukuran. Berdasarkan Tabel 4, rata-rata pergeseran fasa menjauhi nilai 90 maka selisih antara nilai fasa keluaran dan nilai dari fasa sinyal datang cukup besar. Dapat dilihat bahwa perbedaan selisih yang paling minimum antara fasa sinyal datang dan fasa sinyal keluaran pada pergeseran fasa 90,095, yaitu fasa sinyal datang 30 dengan fasa sinyal keluaran 29,928, fasa sinyal datang 45 dengan fasa sinyal keluaran 44,952, fasa sinyal datang 60 dengan fasa sinyal keluaran 59,976, dan ketika fasa sinyal datang 75 dengan fasa sinyal keluaran 74,003. Hal itu berbanding terbalik pada saat nilai pergeseran fasa sebesar 250,957 yaitu memiliki nilai selisih maksimum antara nilai fasa

Tabel 3. Perbandingan Fasa Sinyal Datang dan Keluaran pada Simulasi.

$\Delta\theta$	$\theta = 30^\circ$	$\theta = 45^\circ$	$\theta = 60^\circ$	$\theta = 75^\circ$
89,709	30,217	45,144	60,072	75,019
89,716	30,212	45,141	60,070	75,018
89,719	30,210	45,139	60,069	75,018
89,719	30,210	45,139	60,069	75,018
89,716	30,212	45,141	60,072	75,019
89,710	30,216	45,144	60,072	75,019
89,702	30,222	45,148	60,074	75,019
89,691	30,230	45,153	60,076	75,020
89,678	30,240	45,160	60,079	75,021
89,663	30,251	45,167	60,083	75,022
89,646	30,264	45,175	60,087	75,023
89,626	30,279	45,185	60,092	75,024
89,605	30,294	45,196	60,097	75,026
89,581	30,312	45,207	60,103	75,027
89,556	30,331	45,220	60,109	75,029
89,529	30,351	45,233	60,116	75,031
89,500	30,372	45,247	60,123	75,032
89,470	30,394	45,262	60,130	75,034
89,438	30,418	45,278	60,138	75,036
89,404	30,443	45,294	60,147	75,039
89,368	30,470	45,312	60,155	75,041

sinyal datang dengan nilai fasa sinyal keluaran. Dari data pada Tabel 4, maka dapat dicari nilai persentase *error* atau selisih yang diakibatkan besar kecilnya nilai pergeseran fasa. Berikut grafik yang menunjukkan hubungan antara besar pergeseran fasa terhadap persentase *error* Gambar 10.

Pada Gambar 10, menunjukkan persentase *error* yang terjadi yang diakibatkan pergeseran fasa. Dapat dilihat bahwa ketika pergeseran fasa memiliki nilai mendekati nilai 90 yaitu pergeseran fasa sebesar 90,095 memiliki nilai persentase *error* paling kecil sebesar 0,2384% untuk fasa sinyal datang 30, 0,1058% untuk fasa sinyal datang 45, 0,0397% untuk fasa sinyal datang 60, dan 0,0085% untuk fasa sinyal datang 75. Dan untuk nilai pergeseran fasa menjauhi dari 90, memiliki persentase *error* paling besar, seperti pada pergeseran fasa sebesar 250,957 yaitu dengan fasa sinyal datang 30 prosentase *error* yang terjadi sebesar 142,3497%, fasa sinyal datang 45 persentase *error* yang terjadi sebesar 41,6995%, fasa sinyal datang 60 persentase *error* yang terjadi sebesar 13,9295%, dan fasa sinyal datang 75 persentase *error* yang terjadi sebesar 3,2293%. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa ketika nilai pergeseran fasa semakin mendekati nilai 90, maka selisih antara nilai fasa sinyal datang dan fasa sinyal keluaran semakin kecil atau bisa dikatakan fasa sinyal keluaran nilai mendekati atau sebanding dengan nilai fasa sinyal datang hal itu dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 10.

Tabel 4. . Perbandingan Fasa Sinyal Datang dan Keluaran pada Realisasi.

$\Delta\theta$	$\theta = 30$	$\theta = 45$	$\theta = 60$	$\theta = 75$
83,474	34,49931	47,91165	61,40462	75,33588
84,297	33,97463	47,58130	61,25120	75,30434
84,803	33,64604	47,05360	61,00256	75,24991
85,562	33,14451	47,05360	61,00256	75,24991
86,864	32,2597	46,48448	60,72994	75,18623
88,499	31,10454	45,73109	60,36267	75,09503
90,095	29,92866	44,95242	59,97620	74,99361
91,396	28,93454	44,28478	59,63980	74,90162
92,475	28,08564	43,70787	59,34563	74,81878
93,492	27,26518	43,14428	59,05533	74,73514
94,677	26,28428	42,46262	58,70052	74,63068
96,204	24,98082	41,54334	58,21595	74,48461
97,831	23,54345	40,51133	57,66402	74,31418
99,484	22,03252	39,40514	57,06345	74,12465
100,947	20,65361	38,37579	56,49646	73,94244
102,229	19,41399	37,43367	55,97074	73,77107
256,47	18,12705	36,43820	55,40822	73,58544
254,918	16,55521	35,19735	54,69689	73,34776
253,393	14,97396	33,92013	53,95275	73,09605
252,034	13,53614	32,73239	53,24960	72,85566
250,957	12,37881	31,75735	52,66414	72,65379

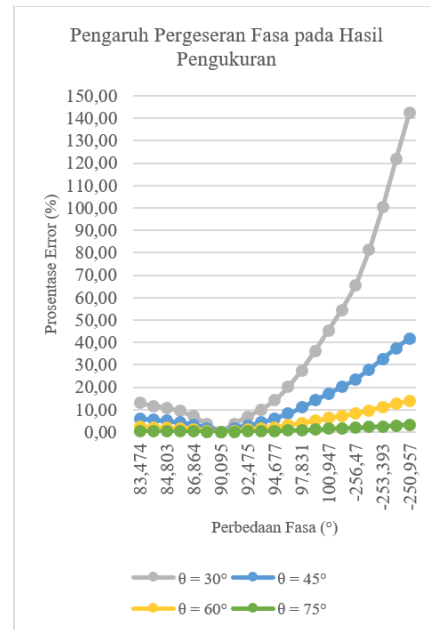
Sedangkan untuk pergeseran fasa yang nilainya menjauhi 90, fasa sinyal keluaran memiliki nilai yang cukup besar atau bisa dikatakan memiliki selisih yang cukup besar terhadap nilai fasa sinyal datang, sehingga nilai dari fasa sinyal keluaran nilainya tidak sama dengan nilai fasa sinyal datang. Untuk mendapatkan hasil fasa sinyal keluaran sama dengan fasa sinyal datang, maka diperlukan pergeseran fasa sebesar 90.

5. Kesimpulan

Penelitian ini difokuskan pada analisa kerja *branch-line coupler* hasil dari perancangan dan realisasi untuk mendeteksi fasa pada radar *C-band* dengan basis *I/Q demodulator*. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai antara hasil dari pergeseran fasa baik berdasarkan simulasi maupun pengukuran realisasi *branch-line coupler*. Dapat disimpulkan bahwa pergeseran fasa mempengaruhi hasil dari nilai fasa sinyal keluaran, semakin nilai pergeseran fasa mendekati 90 maka nilai fasa keluaran akan sebanding dengan nilai fasa sinyal datang.

Daftar Pustaka

[1] A. Farina, "Introduction to radar signal and data processing: the opportunity," Selex Sistemi Integrati



Gambar 10. Grafik Persentase Error Terhadap Pergeseran Fasa Hasil Pengukuran Realisasi

Rome (Italy), Tech. Rep., 2006.
 [2] C. Ziomek and P. Corredoura, "Digital i/q demodulator," in *Proceedings Particle Accelerator Conference*, vol. 4. IEEE, 1995, pp. 2663–2665.
 [3] D. M. Pozar, "Microwave engineering," *Fourth Editions, University of Massachusetts at Amherst, John Wiley & Sons, Inc.* pp. 26–30, 2012.
 [4] L. Sun, Y.-Z. Yin, X. Lei, and V. Wong, "A novel miniaturized branch-line coupler with equivalent transmission lines," *Progress In Electromagnetics Research Letters*, vol. 38, pp. 35–44, 2013.
 [5] J. Kirkhorn, "Introduction to iq-demodulation of rf-data," *IFBT, NTNU*, vol. 15, 1999.
 [6] B. R. Mahafza, *Radar Systems Analysis and Design Using MATLAB Third Edition.* CRC press, 2013.
 [7] D. A. Letavin, Y. E. Mitelman, and V. A. Chechetkin, "The substrate factor in the miniaturization efficiency of the microstrip branch-line couplers," in *2016 24th Telecommunications Forum (TELFOR)*. IEEE, 2016, pp. 1–4.