

# PERANCANGAN DAN REALISASI *ANTENNA CONTROL UNIT* BERUPA *PHASE SHIFTER* DIGITAL UNTUK ANTENA *PHASED ARRAY* 4X4 PADA FREKUENSI S-BAND UNTUK RADAR 3D

Fahmi Lismar Halim <sup>1)</sup>, Bambang Setia Nugroho <sup>2)</sup>, Yuyu Wahyu <sup>3)</sup>

<sup>1),2)</sup> Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom  
Jl. Telekomunikasi 1, Bandung

<sup>3)</sup> Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia  
Jl. Cisitua Lama, Bandung  
Email: [fahmilismarhalim@gmail.com](mailto:fahmilismarhalim@gmail.com)

**Abstrak** . Teknologi Radar 3D digunakan untuk mendeteksi, mengukur jarak dan membuat pemetaan suatu benda dengan cakupan tiga dimensi. Pada radar 3D, antena biasanya disusun secara array untuk meningkatkan gain dan beamforming. Dalam penelitian ini, antena yang digunakan adalah Antena Phased Array yang terdiri dari beberapa elemen antena dengan variasi fasa antar elemen sehingga pola radiasi antena dapat berubah sesuai dengan perubahan fasa. Untuk melakukan pergeseran fasa antena, diperlukan suatu alat yang disebut Phase Shifter. Phase shifter memungkinkan pengaturan beam antena ke arah yang diinginkan tanpa mengubah posisi fisik antena. Dalam pengaplikasiannya, phase shifter diintegrasikan dengan suatu pengontrol sehingga dinamakan Antenna Control Unit. Dengan antenna control unit, pergeseran fasa antena dapat dilakukan secara otomatis tanpa menggerakkan fisik antena. Antenna control unit yang digunakan pada penelitian ini adalah mikrokontroler arduino dan phase shifter digital 6 bit MAPS-010164. Phase shifter menggunakan frekuensi S-Band (2,9-3,1 GHz). Parameter kinerja yang diuji antara lain ketepatan pergeseran fasa, VSWR dan return loss. Desain phase shifter yang digunakan dapat meminimalkan berbagai redaman selama pergeseran fasa dan cocok untuk akurasi fasa tinggi. Dengan spesifikasi dan desain tersebut, phase shifter dapat bekerja dengan baik untuk pergeseran fasa antena phased array.

**Kata kunci:** Antena Phased Array, Antenna Control Unit, Phase Shifter

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Radar (*Radio Detection and Ranging*) adalah suatu sistem gelombang elektromagnetik yang berguna untuk mendeteksi, mengukur jarak dan membuat pemetaan benda-benda seperti pesawat terbang, militer, informasi cuaca. [1] Teknologi radar bekerja dengan melakukan transmisi gelombang yang kemudian diterima kembali dan dianalisa sehingga diperoleh informasi berdasarkan gelombang pantul. [2] Teknologi radar 3D memiliki keunggulan dibandingkan dengan teknologi radar sebelumnya. Salah satunya adalah memiliki cakupan radar dalam tiga dimensi yaitu tidak hanya menyediakan informasi berupa jarak atau azimut suatu benda, tetapi juga elevasi atau ketinggian benda tersebut. [3]

Antena yang biasanya digunakan pada teknologi radar 3D adalah susunan elemen antena (*array*). Penggunaan *array* dapat meningkatkan gain, selain itu dapat digunakan mode *switched beam* sehingga *beam* antena dapat bergeser tanpa menggerakkan bentuk fisik antena. [4] Dalam penelitian ini, antena yang digunakan adalah antena *phased array* yang terdiri dari beberapa buah elemen antena dengan variasi fasa antar elemen sehingga pola radiasi antena dapat berubah sesuai dengan perubahan fasa.

Sebelumnya, pada antena *phased array* konvensional, pergeseran fasa dilakukan dengan memberikan variasi panjang kabel catuan pada antena dengan beda fasa yang cukup besar sehingga kurang baik dalam melakukan *scanning* area. Dengan aplikasi *phase shifter* ini memungkinkan dilakukan pergeseran fasa secara efektif dengan beda fasa yang kecil dan *scanning* area dapat dilakukan dengan baik.

*Phase shifter* adalah suatu alat di mana fase gelombang elektromagnetik dari frekuensi tertentu dapat digeser ketika melalui saluran transmisi. Dalam aplikasi antena, *phase shifter* digunakan untuk

mengubah fasa sinyal dari antenna tersebut.[5] *Phase shifter* sangat baik apabila disesuaikan dengan penggunaannya karena bergantung kepada keperluan sistem. [4] Dalam aplikasi kerjanya, *Phase shifter* diintegrasikan dengan suatu alat pengontrol sehingga disebut *Antenna Control Unit*. *Antenna control unit* adalah seperangkat alat yang menggunakan *phase shifter* dalam mengontrol pergeseran fasa antenna.

Pada salah satu penelitian sebelumnya dilakukan perancangan dan realisasi *phase shifter* digital 5 bit dengan topologi *switched line* pada rentang frekuensi 1.265-1.275 GHz untuk aplikasi SAR. [4] Sedangkan pada penelitian kali ini, dilakukan perancangan dan realisasi *antenna control unit* berupa mikrokontroler arduino dan *phase shifter* digital 6 bit pada frekuensi S-Band (2,9-3,1 GHz) untuk aplikasi radar 3D.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana merealisasikan *antenna control unit* yang sesuai dengan rancangan yang telah ditentukan?
2. Bagaimana kinerja *antenna control unit* yang telah dibuat?
3. Bagaimana perbandingan hasil parameter kinerja *antenna control unit* yang telah dibuat dengan *datasheet phase shifter*?

## 1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mampu merealisasikan *antenna control unit* yang sesuai dengan rancangan yang telah ditentukan.
2. Mengetahui informasi mengenai kinerja *antenna control unit* yang telah dibuat.
3. Mengetahui perbandingan hasil parameter kinerja *antenna control unit* yang telah dibuat dengan *datasheet phase shifter*.

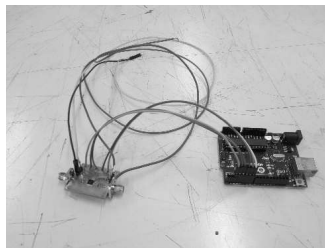
## 1.4 Landasan Teori

### 1.4.1 Antena Phased Array <sup>[5][6]</sup>

Antena *phased array* merupakan antenna yang tersusun dari beberapa buah elemen antenna yang diberi variasi fasa antar elemen sehingga karakteristiknya, terutama pola radiasi antenna dapat berubah sesuai dengan perubahan fasa. Tujuannya untuk mengatur *beam* antenna sehingga *main-beam* antenna dapat berubah tanpa menggerakkan antenna secara fisik. Dengan kata lain pemutaran pola radiasi ini menggunakan manipulasi secara elektrik, sehingga akan lebih sederhana dan lebih efisien dibandingkan pemutaran secara mekanik karena tidak membutuhkan motor sebagai penggerakannya.

### 1.4.2 Antenna Control Unit <sup>[4][7]</sup>

*Antenna control unit* adalah seperangkat alat yang digunakan untuk mengontrol pergerakan fasa pada antenna. *Antenna control unit* ini dapat berupa mikrokontroler dan rangkaian *phase shifter*. Mikrokontroler adalah sistem mikroprosesor dimana di dalamnya terdapat CPU, ROM, RAM, I/O, Clock dan lainnya yang terintegrasi dan memiliki kemampuan untuk diprogram sesuai keinginan sedangkan *phase shifter* adalah alat yang digunakan untuk menggeser atau menambah fasa dari sinyal yang diumpankan ke antenna. Mikrokontroler dikodingkan dengan algoritma bit dan diintegrasikan dengan suatu *phase shifter* yang dipasang di beberapa elemen antenna untuk mengontrol dan menggeser fasa dari antenna tersebut.



Gambar 1. *Antenna Control Unit*

## 2. Pembahasan

### 2.1 Spesifikasi Umum dan Karakteristik *Antenna Control Unit*

Spesifikasi dan karakteristik *antenna control unit* yang digunakan adalah sebagai berikut.

#### 1. Karakteristik frekuensi (dari antena)

|                  |                                 |
|------------------|---------------------------------|
| Frekuensi Kerja  | : <i>S-Band</i> (2.9 - 3.1 GHz) |
| Frekuensi Tengah | : 3.0 GHz                       |
| <i>Bandwidth</i> | : 200 MHz                       |

#### 2. Mikrokontroler : *Arduino Uno*

Tabel 1. Spesifikasi Mikrokontroler *Arduino Uno*<sup>[8]</sup>

| No. | Parameter                      | Nilai     |
|-----|--------------------------------|-----------|
| 1.  | Mikrokontroler                 | ATmega328 |
| 2.  | Tegangan Pengoperasian         | 5 V       |
| 3.  | Jumlah Pin I/O Digital         | 14        |
| 4.  | Jumlah Pin <i>Input</i> Analog | 6         |
| 5.  | <i>Clock Speed</i>             | 16 MHz    |

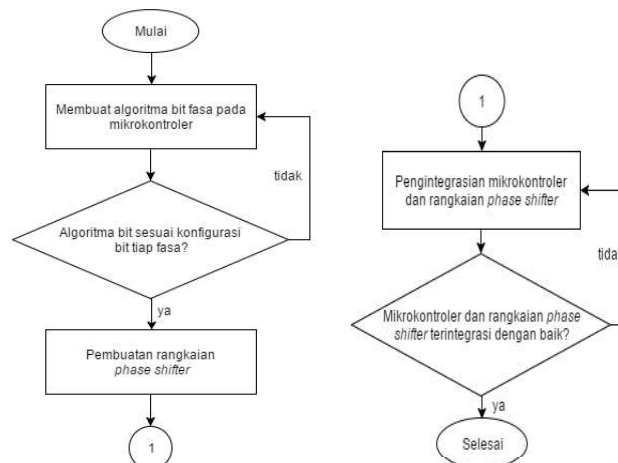
#### 3. *Phase shifter* : MAPS-010164

Tabel 2. Spesifikasi *Phase shifter* MAPS-010164<sup>[9]</sup>

| No. | Parameter                             | Kondisi     |
|-----|---------------------------------------|-------------|
| 1.  | Jenis                                 | Digital     |
| 2.  | <i>Step Size</i>                      | 5.6°        |
| 3.  | Jumlah Bit                            | 6           |
| 4.  | Pergeseran Fasa                       | 0° – 354.4° |
| 5.  | VSWR                                  | 1.3         |
| 6.  | Impedansi <i>Output</i> ( <i>Zo</i> ) | 50 Ω        |
| 7.  | Daya Input Maksimum                   | 27 dBm      |
| 8.  | Material                              | IC          |
| 9.  | <i>Return Loss</i>                    | ≤ -10 dB    |

### 2.2 Diagram Alir Perancangan

Tahap pertama dalam pembuatan *antenna control unit* adalah dengan membuat algoritma bit tiap pergeseran fasa pada mikrokontroler arduino. Algoritma bit dibuat berdasarkan *datasheet phase shifter* MAPS-010164. Kemudian dilakukan pengujian pada mikrokontroler dengan menggunakan *spectrum analyzer* untuk melihat apakah algoritma yang dibuat sesuai dengan *datasheet phase shifter* tersebut. Lalu, dilakukan pembuatan rangkaian *phase shifter* dalam bentuk PCB dan diintegrasikan dengan mikrokontroler sebelumnya. Pengujian dilakukan kembali pada mikrokontroler dan PCB rangkaian *phase shifter* yang telah terintegrasi menggunakan *network analyzer* untuk melihat apakah keluarannya sesuai dengan *datasheet phase shifter* atau tidak seperti pergeseran fasa, VSWR dan *return loss*.

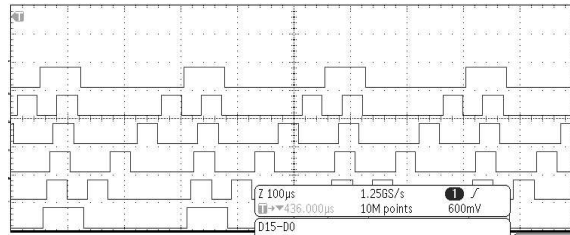


Gambar 2. Diagram Alir Perancangan *Antenna Control Unit*

### 2.3 Pengujian Algoritma Bit pada Mikrokontroler Arduino

Pengujian dilakukan menggunakan *spectrum analyzer* untuk melihat bit yang dihasilkan pada mikrokontroler. Hasil yang didapat pada pengujian ini ditunjukkan pada Gambar 3. Pada gambar

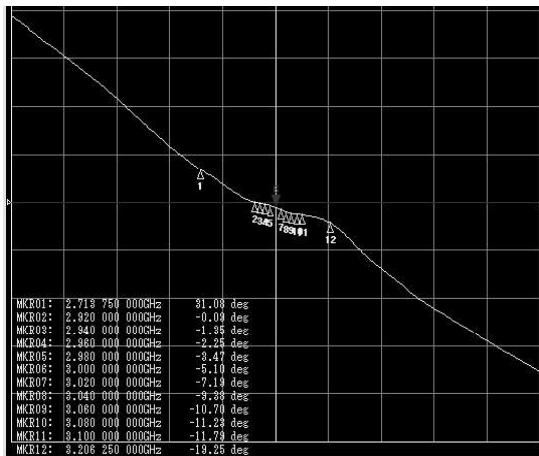
tersebut, dapat dilihat bahwa bit yang dihasilkan sesuai dengan *datasheet phase shifter* MAPS-010164.



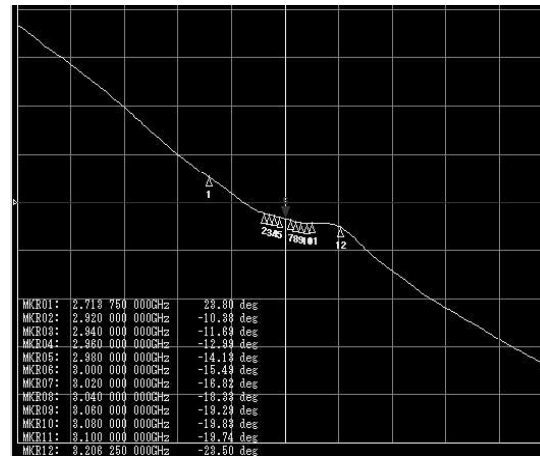
Gambar 3. Bit Pergeseran Fasa

#### 2.4 Pengujian Mikrokontroler dan Rangkaian *Phase Shifter* yang Telah Terintegrasi

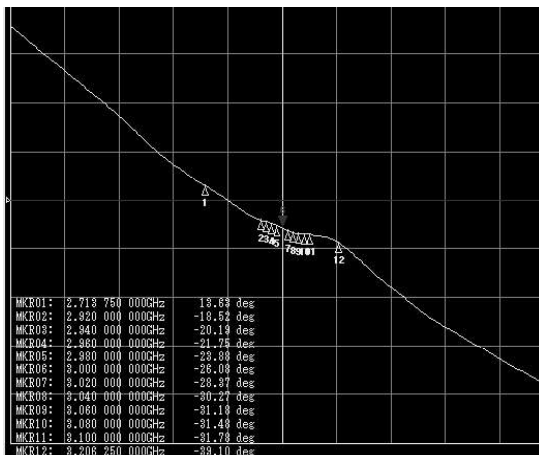
Pengujian dilakukan menggunakan *network analyzer* untuk melihat kinerja *phase shifter* yang digunakan. Parameter yang ditinjau adalah berupa pergeseran fasa, VSWR dan *return loss*. Keluaran yang dihasilkan pada pengujian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



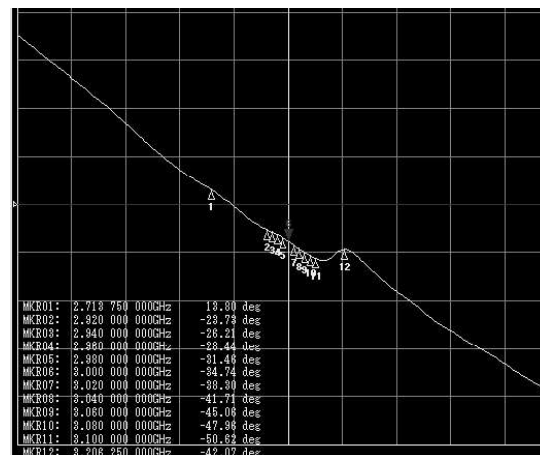
Gambar 4. Pergeseran Fasa 5.6<sup>0</sup>



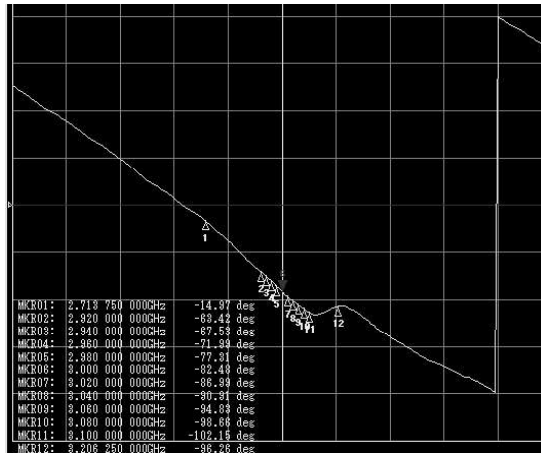
Gambar 5. Pergeseran Fasa 11.2<sup>0</sup>



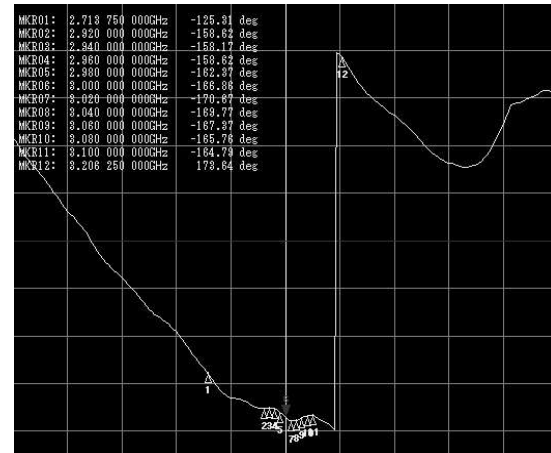
Gambar 6. Pergeseran Fasa 22.5<sup>0</sup>



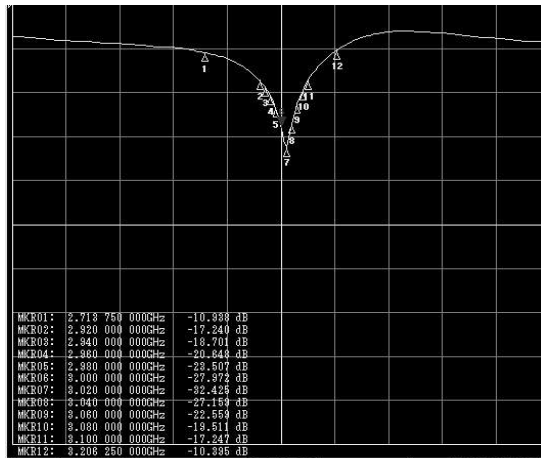
Gambar 7. Pergeseran Fasa 45<sup>0</sup>



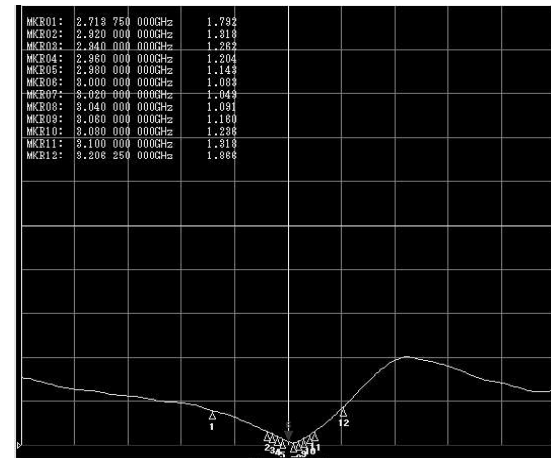
Gambar 8. Pergeseran Fasa 90°



Gambar 9. Pergeseran Fasa 180°



Gambar 10. Return Loss S11 dan S22



Gambar 11. VSWR

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa *phase shifter* digital MAPS-010164 bekerja pada frekuensi tengah 3 GHz dengan nilai *return loss* -27.92 dB dan VSWR 1.083. Grafik pergeseran fasa 5.6°, 11.2°, 22.5°, 45°, 90°, dan 180° diperoleh pada rentang frekuensi 2.9 GHz sampai dengan 3.1 GHz. Setelah mendapatkan hasil pengukuran, kemudian penulis membandingkan antara *datasheet phase shifter* digital dengan hasil pengukuran untuk melihat apakah sesuai atau tidak.

Tabel 3. Perbandingan Pergeseran Fasa *Datasheet* dengan Pengukuran

| Fasa  | Frekuensi (GHz) | Pergeseran Fasa <i>Datasheet</i> | Pergeseran Fasa Pengukuran |
|-------|-----------------|----------------------------------|----------------------------|
| 5.6°  | 3               | 5.6° ± 1.5°                      | 5.10°                      |
| 11.2° | 3               | 11.2° ± 1.5°                     | 15.49°                     |
| 22.5° | 3               | 22.5° ± 2°                       | 26.08°                     |
| 45°   | 3               | 45° ± 2°                         | 34.74°                     |
| 90°   | 3               | 90° ± 3°                         | 82.48°                     |
| 180°  | 3               | 180° ± 4°                        | 166.86°                    |

Tabel 4. Perbandingan VSWR *Datasheet* dengan Pengukuran

| Parameter | Frekuensi (GHz) | VSWR <i>Datasheet</i> | VSWR Pengukuran |
|-----------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| VSWR      | 3               | 1.3                   | 1.083           |

Tabel 5. Perbandingan *Return Loss Datasheet* dengan Pengukuran

| Parameter | Frekuensi (GHz) | <i>Return Loss Datasheet</i> | <i>Return Loss Pengukuran</i> |
|-----------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|
| S11       | 3               | $\leq -10$ dB                | -27.972 dB                    |
| S22       | 3               | $\leq -10$ dB                | -27.972 dB                    |

Berdasarkan perbandingan tabel diatas terdapat perbedaan antara hasil *datasheet* dengan hasil pengukuran. Hasil pergeseran fasa  $5.6^0$ ,  $11.2^0$ ,  $22.5^0$ ,  $45^0$ ,  $90^0$ , dan  $180^0$  yang didapat memiliki sedikit perbedaan dengan hasil *datasheet*. Hal ini disebabkan oleh tingkat ketelitian rangkaian *phase shifter* yang dibuat. Nilai VSWR yang didapat pada frekuensi 3 GHz adalah sebesar 1.083 dan tidak jauh berbeda dengan hasil *datasheet*. Nilai *return loss* yang didapat dari pengukuran pada frekuensi 3 GHz adalah sebesar -27.972 dB dan sesuai dengan hasil *datasheet*. Hal ini berhubungan dengan kesesuaian matching daya masukan *transmitter* dan rangkaian *phase shifter*. Jadi, dapat disimpulkan bahwa perbandingan antara hasil *datasheet* dengan hasil pengukuran *antenna control unit* yang telah direalisasikan tidak jauh berbeda dan sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan.

### 3. Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa *antenna control unit* yang dibuat dapat digunakan untuk antena *phased array* 4x4 pada frekuensi S-Band (2,9 – 3,1 GHz) untuk radar 3D. Hal ini dapat dilihat melalui hasil pengujian yang telah sesuai dengan *datasheet phase shifter* MAPS-010164 dan spesifikasi antena *phased array* yang digunakan yaitu *return loss* S11 dan S22  $\leq -10$  dB sebesar -29.72 dB dan pergeseran fasa sebesar  $5.6^0$ ,  $11.2^0$ ,  $22.5^0$ ,  $45^0$ ,  $90^0$ , dan  $180^0$ . Pergeseran fasa pada antena dapat diatur melalui mikrokontroler arduino sesuai dengan kebutuhan. Dengan demikian, *antenna control unit* yang dibuat dapat berfungsi dengan baik.

### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Bapak Dr. Bambang Setia Nugroho, S.T., M.T. dan Bapak Dr. Ir. Yuyu Wahyu, M.T. selaku pembimbing 1 dan pembimbing 2 yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian yang dilakukan. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada Bapak Hendra dan Bapak Yaya selaku pegawai LIPI yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam dunia teknologi khususnya bidang telekomunikasi.

### Daftar Pustaka

- [1] A. Ernvik, "3D Visualization of Weather Radar Data," 2002.
- [2] T. A. Perdana, H. Wijanto and Y. Wahyu, "Perancangan dan Realisasi Antena Array Mikrostrip Bentuk Rectangular untuk Radar Pengawas Pantai pada Frekuensi S-Band dengan Pencatatan Lipatan Siku," Bandung: Universitas Telkom, 2013.
- [3] M. I. Skolnik, "An Introduction To Radar," in Radar, New York: The McGraw-Hill Companies, 1970.
- [4] Muhsin, "Perancangan dan Realisasi Phase Shifter Digital 5 Bit untuk Synthetic Aperture Radar 1.27 GHz," Bandung: Universitas Telkom, 2016.
- [5] Rosu, Julian, "Phase Shifters," YO3DAC / VA3IUL, <http://www.qsl.net/va3iul/>.
- [6] Z. Fatimah, "Perancangan dan Realisasi Antena Phased Array Mikrostrip  $1 \times 16$  untuk Radar Militer X-Band," Bandung: Universitas Telkom, 2016.
- [7] E. Rahayu, "Perancangan dan Realisasi Tester Otomatis Untuk Mikrokontroler AVR ATMEGA8535," Bandung: Universitas Telkom, 2010.
- [8] Datasheet Arduino Uno. [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>. [Diakses 27 Desember 2016].
- [9] Datasheet MA-COM MAPS-010164 S-Band 6-bit Phase Shifter. [Online]. Available: <http://cdn.macom.com/datasheets/MAPS-010164.pdf>. [Diakses 5 Juni 2012].