



**TUGAS AKHIR - EE 184801**

**PENGUKURAN DAN KARAKTERISASI KANAL  
PROPAGASI RADIO UNTUK APLIKASI WIRELESS BODY  
AREA NETWORK DARI TUBUH PASIEN KE DATA  
COLLECTOR DEVICE DI ICU RUMAH SAKIT**

Mohammad Ariza Fardhiyansyah  
NRP 07111540000153

Dosen Pembimbing  
Prof. Ir. Gamantyo Hendranto, M.Eng., Ph.D.  
Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019

*Lembar ini sengaja dikosongkan*



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**FINAL PROJECT - EE 184801**

**MEASUREMENT AND CHARACTERIZATION OF RADIO  
PROPAGATION CHANNEL FOR WIRELESS BODY AREA  
NETWORK APPLICATION FROM PATIENT'S BODY TO  
DATA COLLECTOR DEVICE IN HOSPITAL'S ICU**

Mohammad Ariza Fardhiyansyah  
NRP 07111540000153

Supervisor

Prof. Ir. Gamantyo Hendranto, M.Eng., Ph.D.  
Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Electrical Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019

*Lembar ini sengaja dikosongkan*

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan tugas akhir saya dengan judul "**Pengukuran dan Karakterisasi Kanal Propagasi Radio untuk Aplikasi Wireless Body Area Network dari Tubuh Pasien ke Data Collector Device di ICU Rumah Sakit**" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 7 Juli 2019



**Mohammad Ariza Fardhiyansyah**

NRP. 07111540000153

*Lembar ini sengaja dikosongkan*

**PENGUKURAN DAN KARAKTERISASI KANAL PROPAGASI  
RADIO UNTUK APLIKASI WIRELESS BODY AREA  
NETWORK DARI TUBUH PASIEN KE DATA COLLECTOR  
DEVICE DI ICU RUMAH SAKIT**

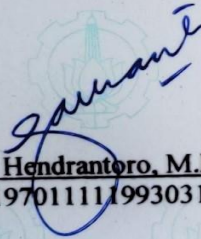
**TUGAS AKHIR**


Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia  
Departemen Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

  
Prof. Ir. Gamantyo Hendranto, M.Eng., Ph.D.  
NIP. 197011111993031002

  
Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.  
NIP. 196109031989031001



*Lembar ini sengaja dikosongkan*



# **PENGUKURAN DAN KARAKTERISASI KANAL PROPAGASI RADIO UNTUK APLIKASI WIRELESS BODY AREA NETWORK DARI TUBUH PASIEN KE DATA COLLECTOR DEVICE DI ICU RUMAH SAKIT**

Nama : Mohammad Ariza Fardhiyansyah  
Pembimbing I : Prof. Ir. Gamantyo Hendranto, M.Eng.,Ph.D.  
Pembimbing II : Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

## **ABSTRAK**

Penerapan jaringan area tubuh nirkabel dalam ruangan khususnya pada *intensive care unit* (ICU) rumah sakit menggunakan media transmisi secara nirkabel yang mana pertukaran data pada sistem komunikasi nirkabel dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah faktor lingkungan yang dinamis. Hal ini dapat memengaruhi propagasi dalam kanal radionya dan faktor-faktor tersebut dapat berupa suhu, kelembaban, dan objek-objek yang dapat menyebabkan pantulan, sehingga terjadi lintasan jamak pada kanal propagasi yang berada pada dalam ruangan tersebut, sehingga dihasilkan kanal yang dinamis dan perlu dilakukan karakterisasi kanal agar didapatkan perancangan sistem komunikasi yang optimal.

Dalam penelitian ini, akan dirancang pemodelan kanal dengan melakukan berbagai kemungkinan skenario khususnya saat pasien tidur pada ruangan ICU. Perancangan skenario dipertimbangkan berdasarkan dua klasifikasi orientasi, yaitu orientasi antena dan orientasi tubuh saat pasien tidur. Selanjutnya dilakukan pengukuran untuk masing-masing skenario menggunakan *vector network analyzer* dan didapatkan respon kanalnya.

Selanjutnya dilakukan analisis dan pengolahan data dari hasil pengukuran skenario *wireless body area network* dalam ruangan menggunakan parameter-parameter statistik, seperti rata-rata, varians, standard deviasi, dan didapatkan fungsi penyebaran kumulatifnya. Setelah pengolahan data selesai didapatkan sintesis dan rekomendasi dari sistem komunikasi *wireless body area network* dalam ruangan.

**Kata Kunci:** *Wireless Body Area Network, Karakterisasi Kanal, Multipath, Rumah Sakit.*

*( Halaman ini sengaja dikosongkan )*

# **MEASUREMENT AND CHARACTERIZATION OF RADIO PROPAGATION CHANNEL FOR WIRELESS BODY AREA NETWORK APPLICATION FROM PATIENT'S BODY TO DATA COLLECTOR DEVICE IN HOSPITAL'S ICU**

Name : Mohammad Ariza Fardhiyansyah  
Supervisor I : Prof. Ir. Gamantyo Hendranto, M.Eng.,Ph.D.  
Supervisor II : Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

## **ABSTRACT**

The application of indoor wireless body area networks especially in hospitals' intensive care unit (ICU) use wireless transmission media in which data exchange in wireless communication systems can be influenced by various factors, for example it can be caused by dynamic environment. This can affect the propagation of the radio in its channel and these factors can be temperature, humidity, and objects that can cause reflection, so there can be many trajectories in the propagation channel inside the room, so that resulting in a dynamic channel and necessary to do the characterization of the channel in order to obtain optimal communication system design.

In this study, channel modeling will be designed by performing various possible scenarios, especially when the patient is sleeping in the ICU room. The scenario design is considered based on two orientation classifications, namely antenna orientation and body orientation when the patient is sleeping. Furthermore, measurements were taken for each scenario using a vector network analyzer and the channel response was obtained.

Furthermore, analysis and processing of data from the measurements of wireless body area network scenarios are carried out using statistical parameters, such as mean, variance, standard deviation, and the cumulative distribution function. After processing the data, the synthesis and recommendations of the wireless body area network communication system in the room are obtained.

**Keywords:** *Wireless Body Area Network, Channel Characterization, Multipath, Hospital.*

*( Halaman ini sengaja dikosongkan )*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul:

**“PENGUKURAN DAN KARAKTERISASI KANAL PROPAGASI RADIO UNTUK APLIKASI WIRELESS BODY AREA NETWORK DARI TUBUH PASIEN KE DATA COLLECTOR DEVICE DI ICU RUMAH SAKIT”**

Penulis juga berterima kasih atas bantuan, bimbingan, dan kerjasama kepada:

1. Mama, papa, teteh, dan aa yang selalu memberi semangat penulis untuk terus melakukan hal yang positif.
2. Dosen pembimbing, Prof. Ir. Gamantyo Hendranto, M.Eng.,Ph.D. dan Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT. yang telah membimbing penulis sejak awal diskusi topik tugas akhir sampai dengan tugas akhir ini dapat diselesaikan dan mengawasi perkembangan dari tugas akhir ini.
3. Tim WBAN mas Darien, Fira, dan Abye
4. Rekan-rekan pada lab antena dan propagasi, rekan-rekan bidang studi TMM, serta rekan-rekan LJ TMM atas segala motivasi dan dukungan yang telah diberikan.
5. Rekan-rekan e55.
6. Teman-teman Departemen Hublu Himatekro ITS.
7. Teman-teman lab PSSSL.
8. Pihak lain yang sudah membantu penulis dalam perkuliahan

Penyusunan buku ini masih terdapat banyak kekurangan, namun penulis berharap buku ini dapat memenuhi fungsinya sebagaimana mestinya, serta dapat bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

*Lembar ini sengaja dikosongkan*

# DAFTAR ISI

|   |             |
|---|-------------|
| <b>ABSTRAK .....</b>  | <b>i</b>    |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                       | <b>iii</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                                  | <b>v</b>    |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                      | <b>vii</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                                   | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                   | <b>xiii</b> |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>                              | <b>1</b>    |
| 1.1    Latar Belakang .....                                 | 1           |
| 1.2    Rumusan Masalah .....                                | 2           |
| 1.3    Tujuan .....   | 2           |
| 1.4    Batasan Masalah.....                                 | 3           |
| 1.5    Metodologi .....                                     | 3           |
| 1.6    Sistematika Penulisan.....                           | 4           |
| 1.7    Relevansi .....                                      | 5           |
| <b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                          | <b>7</b>    |
| 2.1 <i>Wireless Body Area Network</i> .....                 | 7           |
| 2.2 <i>Monitoring</i> Kondisi Fisiologis Tubuh .....        | 11          |
| 2.3    Antena .....   | 12          |
| 2.3.1 <i>Antena Microstrip Patch</i> .....                  | 12          |
| 2.3.2 <i>Scattering Parameter</i> .....                     | 13          |
| 2.3.3    Koefisien Pantul .....                             | 15          |
| 2.3.4 <i>Return Loss</i> .....                              | 16          |
| 2.3.5 <i>Voltage Standing Wave Ratio</i> .....              | 16          |
| 2.3.6 <i>Bandwidth</i> .....                                | 17          |
| 2.3.7    Pola Radiasi.....                                  | 17          |
| 2.3.8    Perhitungan Dimensi <i>Rectangular Patch</i> ..... | 18          |
| 2.3.9    Perhitungan Dimensi <i>Feeding Patch</i> .....     | 20          |
| 2.4 <i>Multipath</i> .....                                  | 20          |
| 2.5 <i>Vector Network Analyzer</i> .....                    | 21          |
| 2.6    Parameter Statistik .....                            | 23          |
| 2.6.1    Rata-Rata .....                                    | 23          |
| 2.6.2    Varians .....                                      | 23          |
| 2.6.3    Standard Deviasi .....                             | 23          |
| 2.6.4 <i>Cumulative Distribution Function</i> .....         | 24          |

|   |  |           |
|---|--|-----------|
| 2.7   | <i>Matrix Laboratory</i> .....                                 | 24        |
| 2.8   | <i>CST Studio Suite</i> .....                                  | 25        |
| <b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>        |  | <b>27</b> |
| 3.1   | Pendahuluan .....  | 27        |
| 3.2   | Diagram Alir Penelitian .....                                  | 28        |
| 3.3   | Kondisi dan Perancangan Ruangan.....                           | 30        |
| 3.4   | Skenario Pengukuran .....                                      | 31        |
| 3.4.1   | Posisi Antena Penerima .....                                   | 32        |
| 3.4.2   | Posisi Sensor pada Tangan Kanan .....                          | 33        |
| 3.4.3   | Posisi Sensor pada Dada .....                                  | 35        |
| 3.4.4   | Posisi Sensor pada Tangan Kiri .....                           | 37        |
| 3.5   | Proses Pengukuran dan Pengolahan Data .....                    | 39        |
| 3.5.1   | Respon Kanal .....   | 40        |
| 3.5.2   | Prosedur Kalibrasi Alat Ukur.....                              | 40        |
| 3.5.3   | <i>Set Up</i> Pengukuran.....                                  | 40        |
| 3.5.4   | Proses Pengukuran <i>Losses</i> Kabel .....                    | 42        |
| 3.5.5   | Proses Pengukuran <i>Voltage Standing Wave Ratio</i> .....     | 42        |
| 3.5.6   | Proses Pengukuran <i>S21, Bandwidth, dan Return Loss</i> ..... | 42        |
| 3.6   | Antena <i>Microstrip Rectangular Patch</i> .....               | 43        |
| 3.6.1   | Simulasi Pola Radiasi Antena .....                             | 44        |
| 3.6.2   | Perhitungan Medan Radiasi Antena .....                         | 45        |
| 3.6.3   | Pengukuran <i>Bandwidth</i> Antena.....                        | 47        |
| 3.6.4   | Pengukuran VSWR Antena .....                                   | 48        |
| 3.7   | Pengukuran <i>Losses</i> Kabel .....                           | 48        |
| <b>BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN .....</b> |  | <b>51</b> |
| 4.1   | Fenomena Propagasi Gelombang.....                              | 51        |
| 4.2   | Statistik Respon Kanal .....                                   | 51        |
| 4.3   | Sintesis .....   | 56        |
| <b>BAB 5 PENUTUP .....</b>                      |  | <b>59</b> |
| 5.1   | Kesimpulan .....   | 59        |
| 5.2   | Saran .....  | 59        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                      |  | <b>61</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>                           |  | <b>63</b> |
| <b>BIOGRAFI PENULIS.....</b>                    |  | <b>69</b> |



# TABLE OF CONTENT

|  |             |
|--|-------------|
| <b>ABSTRAK .....</b>   | <b>i</b>    |
| <b>ABSTRACT .....</b>  | <b>iii</b>  |
| <b>FOREWORD.....</b>   | <b>v</b>    |
| <b>TABLE OF CONTENT .....</b>                                | <b>vii</b>  |
| <b>LIST OF FIGURE .....</b>                                  | <b>xi</b>   |
| <b>LIST OF TABLE .....</b>                                   | <b>xiii</b> |
| <b>CHAPTER 1 PREFACE .....</b>                               | <b>1</b>    |
| 1.1 Background .....   | 1           |
| 1.2 State of Problem .....                                   | 2           |
| 1.3 Purpose.....   | 2           |
| 1.4 Scope of Problem .....                                   | 3           |
| 1.5 Methodology .....  | 3           |
| 1.6 Systematic Report .....                                  | 4           |
| 1.7 Relevance .....  | 5           |
| <b>BAB 2 LITERATURE REVIEW .....</b>                         | <b>7</b>    |
| 2.1 Wireless Body Area Network .....                         | 7           |
| 2.2 Monitoring the Physiological Condition of the Body ..... | 11          |
| 2.3 Antenna .....  | 12          |
| 2.3.1 Microstrip Patch Antenna.....                          | 12          |
| 2.3.2 Scattering Parameter .....                             | 13          |
| 2.3.3 Reflection Coefficient .....                           | 15          |
| 2.3.4 Return Loss .....                                      | 16          |
| 2.3.5 Voltage Standing Wave Ratio .....                      | 16          |
| 2.3.6 Bandwidth .....  | 17          |
| 2.3.7 Radiation Pattern .....                                | 17          |
| 2.3.8 Measurement of Rectangular Patch Dimension .....       | 18          |
| 2.3.9 Measurement of Feeding Patch Line Dimension .....      | 20          |
| 2.4 Multipath.....   | 20          |
| 2.5 Vector Network Analyzer .....                            | 21          |
| 2.6 Statistics Parameter .....                               | 23          |
| 2.6.1 Mean.....  | 23          |
| 2.6.2 Variance .....   | 23          |
| 2.6.3 Deviation .....  | 23          |
| 2.6.4 Cumulative Distribution Function .....                 | 24          |

|  |  |           |
|--|--|-----------|
| 2.7  | Matrix Laboratory .....                        | 24        |
| 2.8  | CST Studio Suite .....                         | 25        |
| <b>BAB 3 RESEARCH METHODOLOGY .....</b>            |  | <b>27</b> |
| 3.1  | Preface .....                                  | 27        |
| 3.2  | Flowchart Design .....                         | 28        |
| 3.3  | Conditions and Design of the Room .....        | 30        |
| 3.4  | Measurement Scenarios .....                    | 31        |
| 3.4.1  | Receiver Antenna Position .....                | 32        |
| 3.4.2  | Sensor Position on Right Hand .....            | 33        |
| 3.4.3  | Sensor Position on Chest .....                 | 35        |
| 3.4.4  | Sensor Position on Left Hand .....             | 37        |
| 3.5  | Measurement Process and Data Processing .....  | 39        |
| 3.5.1  | Channel Response .....                         | 40        |
| 3.5.2  | Instrument Calibration .....                   | 40        |
| 3.5.3  | Measurement Setup .....                        | 40        |
| 3.5.4  | Cable Losses Measurement Process .....         | 42        |
| 3.5.5  | VSWR Measurement Process .....                 | 42        |
| 3.5.6  | S21,Bandwidth,and RL Measurement Process ..... | 42        |
| 3.6  | Microstrip Rectangular Patch Antenna .....     | 43        |
| 3.6.1  | Simulation of Radiation Pattern .....          | 44        |
| 3.6.2  | Calculation of Antenna Radiation Field .....   | 45        |
| 3.6.3  | Measurement of Antenna Bandwidth .....         | 47        |
| 3.6.4  | Measurement of Antenna VSWR .....              | 48        |
| 3.7  | Cable Measurement .....                        | 48        |
| <b>CHAPTER 4 DATA ANALYSIS AND DISCUSSION.....</b> |  | <b>51</b> |
| 4.1  | Wave Propagation Phenomenon .....              | 51        |
| 4.2  | Statistic of Channel Response .....            | 51        |
| 4.3  | Synthesis .....                                | 56        |
| <b>CHAPTER 5 CLOSURE .....</b>                     |  | <b>59</b> |
| 5.1  | Conclusion .....                               | 59        |
| 5.2  | Suggestion .....                               | 59        |
| <b>BIBLIOGRAPHY .....</b>                          |  | <b>61</b> |
| <b>ATTACHMENT .....</b>                            |  | <b>63</b> |
| <b>WRITER BIOGRAPHY .....</b>                      |  | <b>69</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|                    |  |    |
|--------------------|--|----|
| <b>Gambar 2.1</b>  | Ilustrasi Penempatan Sensor pada Tubuh .....                     | 7  |
| <b>Gambar 2.2</b>  | <i>Frequency Bands</i> untuk WBAN .....                          | 8  |
| <b>Gambar 2.3</b>  | <i>Bluetooth Low Energy 4.0 Module</i> .....                     | 9  |
| <b>Gambar 2.4</b>  | <i>ZigBee Wireless Module</i> .....                              | 9  |
| <b>Gambar 2.5</b>  | <i>Wireless NRF Module</i> NRF24L01.....                         | 9  |
| <b>Gambar 2.6</b>  | Skema Komunikasi Intra-body pada WBAN.....                       | 10 |
| <b>Gambar 2.7</b>  | Arsitektur jaringan WBAN.....                                    | 10 |
| <b>Gambar 2.8</b>  | Skema Pengukuran Domain Frekuensi.....                           | 11 |
| <b>Gambar 2.9</b>  | Antena Mikrostrip.....   | 12 |
| <b>Gambar 2.10</b> | Macam-Macam Bentuk Patch.....                                    | 13 |
| <b>Gambar 2.11</b> | S-Parameter dengan Dua Port.....                                 | 14 |
| <b>Gambar 2.12</b> | Pola Radiasi Antena.....   | 18 |
| <b>Gambar 2.13</b> | Daerah Radiasi Antena .....                                      | 19 |
| <b>Gambar 2.14</b> | <i>Multipath Propagation</i> .....                               | 21 |
| <b>Gambar 2.15</b> | VNA <i>Handheld</i> Agilent N9923A .....                         | 21 |
| <b>Gambar 2.16</b> | <i>Interface</i> Matlab.....                                     | 25 |
| <b>Gambar 2.17</b> | <i>Interface CST Studio Suite</i> .....                          | 25 |
| <b>Gambar 3.1</b>  | Diagram Sistem Pengukuran .....                                  | 27 |
| <b>Gambar 3.2</b>  | Diagram alir penelitian.....                                     | 29 |
| <b>Gambar 3.3</b>  | Denah Ruang B305 untuk Pengukuran Skenario .....                 | 30 |
| <b>Gambar 3.4</b>  | Skema Konfigurasi Jarak pada Pengukuran Skenario.....            | 31 |
| <b>Gambar 3.5</b>  | Skema Pengukuran Keseluruhan Sistem.....                         | 31 |
| <b>Gambar 3.6</b>  | Posisi antena penerima.....                                      | 33 |
| <b>Gambar 3.7</b>  | Posisi Antena Tx pada <i>channel</i> 1.....                      | 33 |
| <b>Gambar 3.8</b>  | Perspektif posisi antena Rx pada <i>channel</i> 1.....           | 34 |
| <b>Gambar 3.9</b>  | Ilustrasi orientasi badan pada pengukuran <i>channel</i> 2 ..... | 34 |
| <b>Gambar 3.10</b> | Ilustrasi pengukuran <i>channel</i> 3 .....                      | 35 |
| <b>Gambar 3.11</b> | Penempatan Sensor pada Dada .....                                | 35 |
| <b>Gambar 3.12</b> | Ilustrasi Pengukuran <i>Channel</i> 4.....                       | 36 |
| <b>Gambar 3.13</b> | Ilustrasi Pengukuran <i>Channel</i> 5 .....                      | 36 |
| <b>Gambar 3.14</b> | Ilustrasi Pengukuran <i>Channel</i> 6.....                       | 37 |
| <b>Gambar 3.15</b> | Ilustrasi Pengukuran <i>Channel</i> 7 .....                      | 38 |
| <b>Gambar 3.16</b> | Ilustrasi Pengukuran <i>Channel</i> 8 .....                      | 38 |
| <b>Gambar 3.17</b> | Ilustrasi Pengukuran <i>Channel</i> 9 .....                      | 39 |
| <b>Gambar 3.18</b> | Alat-Alat Pengukuran .....                                       | 41 |
| <b>Gambar 3.19</b> | Antena <i>Microstrip Rectangular Patch</i> .....                 | 43 |
| <b>Gambar 3.20</b> | Sketsa dan Nilai Parameter dari Pola Radiasi.....                | 44 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Gambar 3.21</b> Bandwidth Antena .....                          | 47 |
| <b>Gambar 3.22</b> VSWR Antena .....                               | 48 |
| <b>Gambar 3.23</b> Ilustrasi Pengukuran Kabel.....                 | 49 |
| <b>Gambar 3.24</b> Pengukuran Kabel 1 dengan VNA .....             | 49 |
| <b>Gambar 3.25</b> Pengukuran Kabel 2 dengan VNA .....             | 50 |
| <b>Gambar 4.1</b> Proses Pengolahan Data Rata-Rata.....            | 52 |
| <b>Gambar 4.2</b> Plot Kurva CDF Berdasarkan Orientasi Badan ..... | 54 |
| <b>Gambar 4.3</b> Plot Kurva CDF Berdasarkan Posisi Antena .....   | 55 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabel 2.1</b> Tabel spesifikasi VNA Agilent N9923A.....                   | 22 |
| <b>Tabel 3.1</b> Tabel penamaan Skenario.....                                | 32 |
| <b>Tabel 3.2</b> Tabel parameter antena .....                                | 43 |
| <b>Tabel 4.1</b> Tabel rata-rata magnitudo dari tiap channel .....           | 52 |
| <b>Tabel 4.2</b> Tabel parameter statistik berdasarkan orientasi badan ..... | 53 |
| <b>Tabel 4.3</b> Tabel parameter statistik berdasarkan posisi antena.....    | 55 |

*Lembar ini sengaja dikosongkan*

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pengembangan teknologi komunikasi, seperti *body area network* (BAN) saat ini membawa potensi besar pada terwujudnya *smart hospital* dimana hal ini terkait peningkatan infrastruktur pada layanan kesehatan di rumah sakit. Saat ini penggunaan *Body Area Network* merupakan cara modern untuk memonitor parameter-parameter dari kondisi fisiologis tubuh manusia [1] dan ditambah lagi berkembangnya teknologi IoT (*Internet of Things*) membuat perangkat-perangkat pintar pada rumah sakit saling terhubung dan bisa dipantau atau dimonitoring melalui sebuah platform. Teknologi IoT pada saat ini sangat meningkatkan mobilitas dari suatu perangkat, sehingga pada BAN dapat diterapkan komunikasi secara *wireless* yang selanjutnya disebut dengan WBAN (*Wireless Body Area Network*) [10].

Di sisi lain penanganan-penanganan yang dibutuhkan pasien di rumah sakit juga berbeda-beda, salah satu kondisinya yaitu pasien yang membutuhkan penanganan khusus secara intensif dan dirawat di *Intensive Care Unit* (ICU), tetapi pada ICU pun belum ada sistem yang dapat memonitoring pasien secara *real-time*, sehingga keterlambatan penindakan atau penanganan masih sangat mungkin terjadi. Maka dari itu, pada ICU dimungkinkan untuk diterapkan sistem komunikasi dengan *Wireless Body Area Network*. Skema komunikasi WBAN pada sebuah ruangan ICU bisa dibuat dengan berbagai skema, salah satunya diterapkan sistem relay atau multihop dari tubuh pasien ke tubuh pasien lalu data dikirimkan ke sebuah *data collector device* atau hub dan setelah dari hub data diteruskan ke *nurse station* atau ruang pusat untuk *monitoring* pasien, sehingga pasien dapat terpantau secara *real-time* [2][10].

Pada komunikasi radio atau *wireless* terdapat fenomena propagasi, salah satunya yaitu *multipath*. *Multipath* terjadi karena sinyal informasi yang dikirim oleh *transmitter* dan diterima oleh *receiver* memiliki nilai daya yang berbeda dan juga dengan nilai delay yang bervariasi [3]. Maka dari itu, perlu diukur dan didapatkan respon kanal yang terjadi pada suatu ruangan untuk selanjutnya didapatkan karakteristik kanal radio baik dalam keadaan *Line of Sight* (LOS) maupun *Non-Line of Sight* (NLOS). Pada penelitian ini akan digunakan antena mikrostrip sebagai *transmitter*

dan *receiver*. *Transmitter* WBAN dipasang di tubuh pasien dengan pasien dalam keadaan berbaring di tempat tidur dan *receiver* dipasang di dinding ruangan sebagai *data collector device*, dimana *transmitter* dan *receiver* terdapat pada satu ruangan. Antena *microstrip* yang digunakan adalah antena *microstrip rectangular patch*, pertimbangan digunakannya antena *microstrip* yaitu karena ukurannya yang cukup kecil sehingga sangat memungkinkan untuk digunakan pada penelitian ini.

Dalam penelitian ini akan didapatkan respon kanal WBAN dalam ruangan *indoor* dengan memerhatikan faktor-faktor yang memengaruhi perhitungan propagasi yang disebabkan oleh tubuh dan *indoor environment* atau objek-objek yang berada di dalam ruangan. Selanjutnya, didapatkan sintesis dari hasil pengukuran dan dengan parameter-parameter statistik dapat dipertimbangkan skenario yang optimal apabila transmitter mengirim sinyal dari tubuh pasien ke receiver yang terdapat pada satu ruangan. Pengambilan data pengukuran pada penelitian ini menggunakan *vector network analyzer*.

Hasil dari penelitian ini diharapkan bisa memberikan rekomendasi dan gambaran pada model sistem komunikasi *wireless body area network*. Penelitian ini dibuat relevan dengan keadaan ruangan *indoor* pada ICU rumah sakit di Indonesia.

## 1.2 Rumusan Masalah

Beberapa permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mendapatkan parameter kanal radio yang dibutuhkan antara tubuh pasien dengan *data collector device*?
2. Bagaimana cara mengkaraterisasi parameter kanal radio yang dibutuhkan antara tubuh pasien dengan *data collector device*?
3. Bagaimana karakteristik kanal radio yang dihasilkan?

## 1.3 Tujuan

Tujuan yang diharapkan tercapai setelah selesainya tugas akhir ini antara lain:

1. Mendapatkan nilai respon kanal dari tubuh pasien ke *data collector device*.
2. Memperoleh karakteristik kanal propagasi radio yang optimal melalui parameter statistik.



#### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Pengambilan data dan pengukuran dilakukan di dalam ruangan, yaitu lab. Antena dan Propagasi B306 dan ruangan B305.
2. Pengukuran menggunakan *network analyzer*.
3. Instrumen pengukuran yang digunakan adalah VNA Agilent N9923A.
4. Pengukuran menggunakan antena *microstrip patch* dengan frekuensi kerja 3 GHz dan dengan bandwidth sebesar 130 MHz.
5. Antena *microstrip* yang digunakan untuk *transmitter* dan *receiver* adalah antena *microstrip rectangular patch*.
6. Proses simulasi menggunakan *CST Studio Suite*.
7. Parameter statistik yang dibahas terdiri dari rata-rata, varians, standard deviasi, dan *cumulative distribution function*.

#### 1.5 Metodologi

Berikut merupakan metodologi yang digunakan :

##### 1. Studi Literatur

Mempelajari teori-teori dasar dan meninjau sumber-sumber yang dapat dijadikan referensi dan menunjang tugas akhir.

##### 2. Simulasi Antena

Antena yang digunakan adalah antena *microstrip rectangular patch* yang selanjutnya dilakukan simulasi dengan menggunakan *software*.

##### 3. Fabrikasi Rancangan Antena

Melakukan fabrikasi antena *microstrip patch* dari referensi antena yang sudah tersedia pada laboratorium antena dan propagasi.

##### 4. Perancangan Skenario Pengukuran

Dilakukan perancangan skenario pengukuran. Pertimbangan yang digunakan pada perancangan skenario adalah kemungkinan perubahan orientasi badan saat pasien tidur di dalam sebuah ruangan ICU dan posisi sensor yang terdapat pada tiga titik, yaitu dada, tangan kanan, dan tangan kiri.

##### 5. Pengukuran Respon Kanal

Pengukuran magnitudo dan fasa menggunakan *network analyzer* dengan memerhatikan berbagai macam faktor yang dapat memengaruhi propagasi gelombang radio, seperti *multipath* yang diakibatkan pantulan objek dalam ruangan.

##### 6. Analisis Data Menggunakan Parameter Statistik

Setelah didapatkan parameter-parameter yang menunjang, selanjutnya data diolah menggunakan parameter statistik, seperti

rata-rata, varians, standar deviasi, dan *cumulative distribution function*. Selanjutnya dapat ditentukan karakteristik dari kanal yang telah didapatkan sebagai pertimbangan sintesis yang akan diberikan di penelitian ini.

## 7. **Penyusunan Buku Tugas Akhir**

Dari semua hasil yang didapat dilakukan analisis berdasarkan teori yang ada, sehingga dapat memberikan rekomendasi untuk penerapan *wireless body area network* pada kondisi sistem dalam ruangan kemudian data yang telah diolah disusun menjadi sebuah buku laporan sebagai hasil dari pengerjaan tugas akhir.

### 1.6 **Sistematika Penulisan**

Pembahasan dalam tugas akhir ini akan dibagi dalam lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

#### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan hal-hal terkait dilakukannya penelitian ini, diantaranya adalah latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi, sistematika penulisan, dan relevansi.

#### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan hal-hal teori penunjang perancangan sistem pada bab selanjutnya. Tinjauan pustaka yang digunakan diantaranya adalah pemodelan kanal radio WBAN untuk aplikasi medis, antena *microstrip patch*, parameter-parameter antena, dan parameter statistik.

#### **BAB 3 METODE PENELITIAN**

Bab ini membahas konfigurasi pengukuran, skenario pengukuran, parameter-parameter antena yang digunakan, dan spesifikasi dari instrumen pengukuran yang digunakan..

#### **BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi hasil pengukuran dan hasil pengolahan data dari pengukuran kanal WBAN dalam ruangan dengan memperhitungkan fenomena-fenomena propagasi yang mungkin terjadi di dalam ruangan. Hasil pengolahan data meliputi hasil respon kanal berupa magnitudo dan fasa, yang selanjutnya akan diolah menggunakan parameter-parameter statistik. Parameter statistik yang digunakan

adalah rata-rata, varians, standard deviasi, dan *cummulative distribution function*. Sintesis atau rekomendasi dari penelitian ini akan dibahas juga pada bab ini.

## **BAB 5      PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan menyeluruh dari penelitian ini dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

### **1.7 Relevansi**

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu mempersingkat waktu penanganan atau penindakan pasien di rumah sakit khususnya di ICU, dokter dan suster dapat memonitoring pasien secara real-time, dan sebagai rekomendasi pemodelan *wireless body area network* dalam ruangan khususnya pada ICU.

*Lembar ini sengaja dikosongkan*

## BAB 2

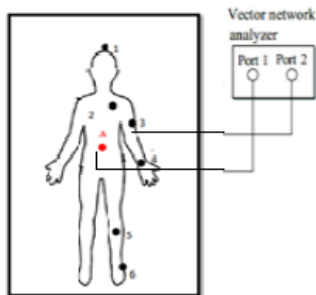
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *Wireless Body Area Network*

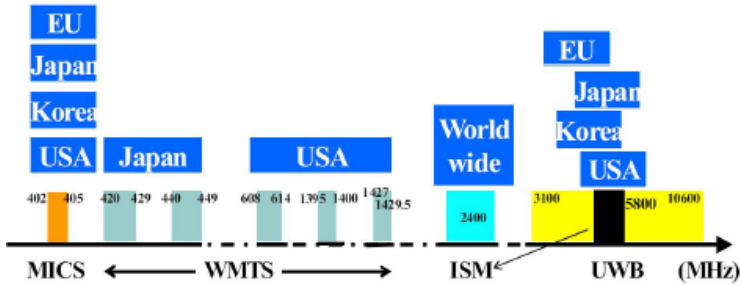
Jaringan area tubuh atau *Body Area Network* (BAN) merupakan sebuah jaringan yang terdiri dari satu atau lebih node yang dipasang di tubuh seseorang dan dapat berkomunikasi dengan node-node lainnya baik secara *single-hop* maupun *multi-hop* [4].

Sebuah jaringan BAN dapat memonitor parameter fisiologis dengan bantuan sensor, mendeteksi lebih dini perubahan parameter fisiologis, dan menyampaikan informasi yang diukur dari data yang didapat dari sensor yang berada di tubuh pasien, seperti sensor tekanan darah, kandungan oksigen dalam darah atau SpO<sub>2</sub>, dan detak jantung. Untuk menambahkan mobilitas, *body area network* dipasang secara nirkabel yang selanjutnya disebut dengan *wireless body area network* (WBAN). Dengan demikian pencatatan atau *monitoring* keadaan fisiologis pasien dapat dilakukan dalam kondisi yang lebih beragam, seperti saat pasien sedang berjalan, duduk, dan berbaring [10].

Hadirnya protokol WBAN sangat membantu tenaga medis dalam melakukan diagnosis dan perawatan yang lebih cepat dan tepat karena dapat dilakukan secara *real time* dan jarak jauh. WBAN dimanfaatkan untuk *monitoring* secara *real time*, oleh karena itu diperlukan latency kecil dan data rate yang tinggi. Pengaplikasiannya pada ICU digunakan pada tubuh pasien dan penempatan titik sensor pada tubuh pasien dapat bervariasi tergantung dari gejala dan treatment yang dibutuhkan dari masing-masing pasien [1]. Ilustrasi posisi dan komunikasi tiap sensor yang dipasang pada tubuh pasien diilustrasikan oleh gambar 2.1 dengan pengukuran menggunakan VNA.



**Gambar 2.1** Ilustrasi Penempatan Sensor pada Tubuh [6]



Gambar 2.2 frequency bands untuk WBAN [12]

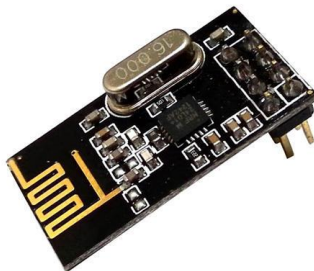
IEEE mengeluarkan standard untuk WBAN, yaitu IEEE 802.15.6, dimana standard ini menjelaskan *layer physical* dan *layer medium access control* (MAC) untuk WBAN. Gambar 2.2 menunjukkan beberapa *frequency bands* yang lazim digunakan pada berbagai negara. *Medical Implant Communication Service* (MICS) digunakan pada komunikasi implan dan memiliki frekuensi 402-405 MHz. *Wireless Medical Telemetry Services* (WMTS) digunakan pada sistem telemetri medis. MICS dan WMTS tidak mendukung aplikasi yang membutuhkan *data rate* yang tinggi. *Industrial, Scientific, and Medical* (ISM) bands mendukung *data rate* yang tinggi, akan tetapi tinggi kemungkinan *device* IEEE 802.1 dan 802.15.4 juga banyak beroperasi pada ISM bands. ISM bands memiliki frekuensi 2.4 GHz – 2.485 GHz. Modulasi yang digunakan sesuai standard, yaitu *differential binary phase-shift keying* (DBPSK), *differential quadrature phase-shift keying* (DQPSK), dan *differential 8-phase-shift keying* (D8PSK) [12]. Modul komunikasi yang dapat digunakan pada WBAN diantaranya adalah Bluetooth Low Energy Module (BLE), ZigBee, dan NRF module yang ditunjukkan pada gambar 2.3, gambar 2.4, dan gambar 2.5.



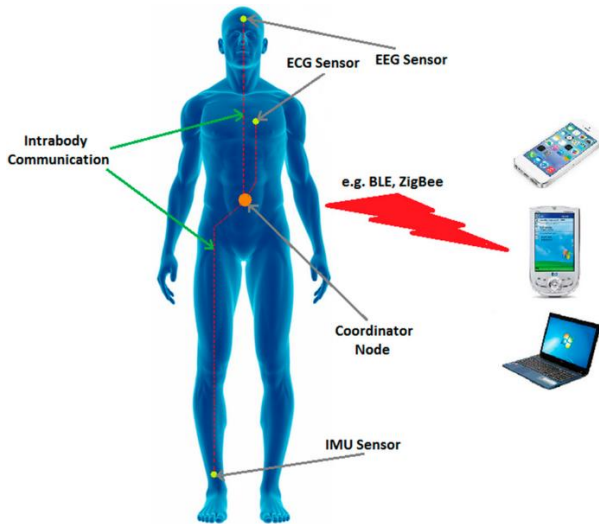
**Gambar 2.3** *Bluetooth Low Energy 4.0 Module*



**Gambar 2.4** *ZigBee Wireless Module*

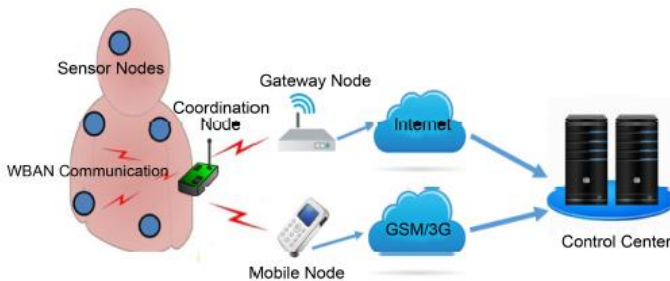


**Gambar 2.5** *Wireless NRF Module NRF24L01*



**Gambar 2.6** Skema Komunikasi Intra-body pada WBAN [13]

Gambar 2.6 menunjukkan skema komunikasi yang terjadi pada WBAN dengan protokol *low energy communication*. Data yang dikumpulkan pada *coordinator node* dari tiap-tiap sensor seterusnya dilakukan pengiriman ke sebuah *base station* atau *control center* untuk pemrosesan dan analisis data lebih lanjut, untuk lebih jelasnya ditunjukkan oleh gambar 2.7 [13].



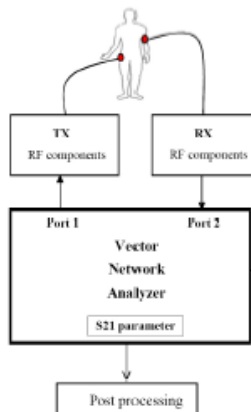
**Gambar 2.7** Arsitektur jaringan WBAN [13]



## 2.2 Monitoring Kondisi Fisiologis Tubuh

Monitoring kondisi fisiologis pada tubuh dilakukan dengan menempatkan sensor pada beberapa titik di tubuh manusia. Titik penempatan sensor ini tergantung dari gejala atau perubahan kondisi dari tubuh pasien yang ingin diamati. Sensor yang ditempatkan pada tubuh pasien dapat berkomunikasi dengan sensor lainnya dan membentuk simpul atau *node*. Selanjutnya, data yang dibaca oleh sensor atau node-node pada tubuh seorang pasien dikumpulkan dan dianalisis pada sebuah *monitoring platform* [2]. Pengambilan nilai sinyal sensor yang ada pada tubuh pasien dapat dilakukan dengan VNA untuk mengukur nilai respon kanal dalam domain frekuensi, seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.8.

Baik atau buruknya sinyal juga dipengaruhi oleh tubuh pasien sendiri, dimana tubuh pasien dapat menjadi salah satu faktor redaman sinyal. Gelombang yang merambat memiliki kemampuan penetrasi ke dalam bahan dielektrik, seberapa dalam gelombang dapat melakukan penetrasi disebut dengan *skin depth*. Apabila gelombang tidak dapat menembus suatu bahan maka gelombang terpantulkan atau dapat terjadi difraksi. Pada postur tubuh yang lebih besar perambatan gelombang akan mengalami redaman yang lebih besar pula, hal ini dikarenakan jarak yang ditempuh gelombang yang merambat pada tubuh manusia akan lebih besar juga [11].



**Gambar 2.8** Skema Pengukuran Domain Frekuensi [2]

### 2.3 Antena

Antena merupakan perangkat yang dapat mengirimkan atau menerima sinyal elektromagnetik baik pada medium udara maupun ruang bebas. Panjang gelombang dari suatu antena dapat ditentukan dari persamaan berikut [8]:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.1)$$

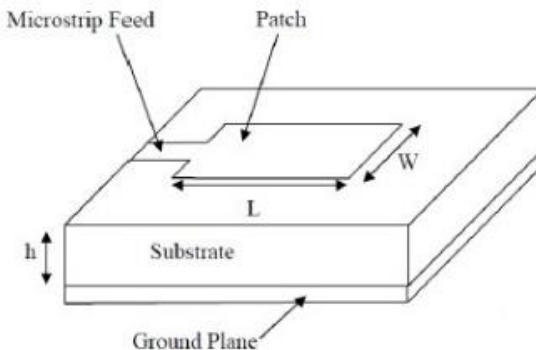
dimana,

- $\lambda$  : panjang gelombang,
- $c$  : kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$  m/s),
- $f$  : frekuensi kerja antena.

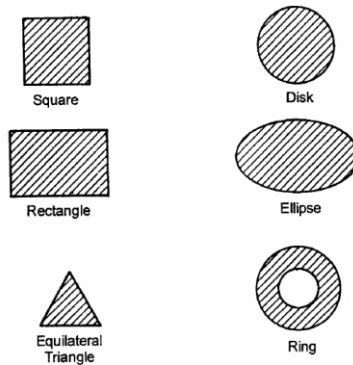
#### 2.3.1 Antena *Microstrip Patch*

Sistem komunikasi dari *wireless body area network* dapat direalisasikan menggunakan antena jenis *microstrip patch*. Antena *microstrip patch* adalah antena yang memiliki bentuk keping dan berukuran kecil. Antena jenis *microstrip patch* biasanya digunakan pada sistem yang membutuhkan mobilitas yang cukup tinggi dikarenakan antena jenis *microstrip patch* memiliki beberapa keunggulan, diantaranya adalah ukurannya yang kecil, biaya fabrikasi yang murah, dan dapat dilakukan perancangan *dual frequency*. Namun, antena jenis *microstrip patch* juga memiliki beberapa kekurangan, diantaranya adalah *bandwidth* yang kecil dan efisiensi yang rendah [5].

Berdasarkan gambar 2.9, antena jenis *microstrip patch* memiliki bentuk kecil dan tipis dan terdiri dari beberapa bagian, yaitu:



**Gambar 2.9** Antena Mikrostrip



**Gambar 2.10** Macam-Macam Bentuk Patch [5]

#### 1. Patch

Patch terletak di atas substrat dan terbuat dari bahan konduktor. Bentuk patch bermacam-macam, dapat dibuat berbentuk persegi (*square*), persegi panjang (*rectangle*), segitiga (*triangle*), piringan (*disk*), elips, dan *ring*, dan dapat dilihat pada gambar 2.10. Patch merupakan bagian dari antena *microstrip* yang meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara.

#### 2. *Microstrip Feed*

Merupakan jalur pencatu daya yang dialirkan dari sumber menuju patch.

#### 3. Substrat

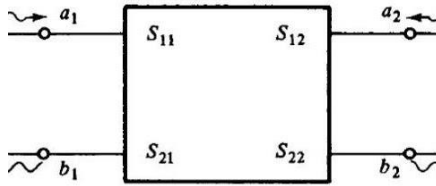
Substrat terletak di antara *patch* dan *ground plane*. Substrat terbuat dari bahan dielektrik. Karakteristik dari substrat dapat memengaruhi kinerja dari antena dan ketebalan substrat juga dapat memengaruhi *bandwidth*, semakin tebal substrat maka *bandwidth* dapat semakin lebar.

#### 4. *Ground Plane*

Terletak di bawah substrat dan ukurannya sesuai dengan substrat. Berfungsi sebagai ground dari antenna [5].

### 2.3.2 Scattering Parameter

*Scattering* parameter atau S-parameter merupakan besaran yang menyatakan hubungan antar port atau terminal pada sebuah saluran transmisi yang mana pada saluran transmisi terdapat sinyal yang



**Gambar 2.11** S-Parameter dengan Dua Port

diteruskan dan dipantulkan. Apabila digambarkan, s-parameter dapat dilihat pada gambar 2.11 [7]. Berdasarkan gambar 2.11, berikut penjelasannya:

$S_{11}$ : *input reflection coefficient* (perbandingan daya yang masuk dan keluar dari port 1),

$S_{12}$ : *reverse transmission* (perbandingan daya masuk dari port 1 dan keluar ke port 2),

$S_{21}$ : *forward transmission* (perbandingan daya masuk dari port 2 dan keluar ke port 1),

$S_{22}$ : *output reflection coefficient* (perbandingan daya yang masuk dan keluar dari port 2),

$a_1$ : daya yang masuk dari port 1,

$a_2$ : daya yang masuk dari port 2,

$b_1$ : daya yang keluar ke port 1,

$b_2$ : daya yang keluar ke port 2,

Sehingga didapatkan persamaan [4]:

$$S_{11} = \frac{b_1}{a_1} \quad (2.2)$$

$$S_{12} = \frac{b_1}{a_2} \quad (2.3)$$

$$S_{21} = \frac{b_2}{a_1} \quad (2.4)$$

$$S_{22} = \frac{b_2}{a_2} \quad (2.5)$$

### 2.3.3 Koefisien Pantul

Koefisien pantul merupakan besaran yang menyatakan perbandingan gelombang pantul terhadap gelombang datang atau dengan kata lain sama dengan  $S_{11}$  [7]. Hubungan daya, tegangan, dan impedansi karakteristik ditunjukkan pada persamaan 2.6.

$$P = \frac{v^2}{Z_0} \quad (2.6)$$

dimana,

$P$  : daya,

$V$  : tegangan,

$Z_0$  : impedansi karakteristik

Selanjutnya, koefisien refleksi tegangan ( $\Gamma$ ) memiliki nilai kompleks yang mana merepresentasikan besaran magnitudo dan fasa refleksi, dimana koefisien refleksi tegangan dapat digunakan untuk menganalisis kondisi dari saluran transmisi dan dapat dihitung dengan persamaan 2.7 [7]:

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2.7)$$

dimana,

$\Gamma$  : koefisien refleksi tegangan,

$V_0^-$  : tegangan yang terpantul,

$V_0^+$  : tegangan yang masuk,

$Z_L$  : impedansi beban,

$Z_0$  : impedansi karakteristik.

Untuk beberapa kasus, saat bagian imajiner dari persamaan  $\Gamma$  sama dengan nol, maka:

$\Gamma = -1$ , refleksi negatif maksimum, saat saluran terhubung singkat

$\Gamma = 0$ , tidak ada refleksi, saat saluran dalam kondisi *matched* sempurna

$\Gamma = 1$ , refleksi positif maksimum, saat saluran dalam keadaan *open circuit*

### 2.3.4 Return Loss

*Return loss* menyatakan perbandingan antara daya yang dipantulkan dengan daya yang masuk dalam besaran dB. Nilai *return loss* didapatkan dengan persamaan [7]:

$$RL \text{ (dB)} = 20 \log|\Gamma| = 10 \log \left( \frac{P_i}{P_r} \right) \quad (2.8)$$

dimana,

- RL : return loss,
- $\Gamma$  : koefisien refleksi tegangan,
- $P_i$  : tegangan pantul,
- $P_r$  : tegangan masuk.

Nilai dari *return loss* digunakan untuk melihat kinerja dari antenna, terutama sebagai pertimbangan penentuan frekuensi kerja dari antenna. Semakin rendah nilai *return loss* suatu antenna maka akan semakin baik kinerja dari antenna tersebut karena menandakan daya yang dipantulkan semakin kecil jika dibandingkan dengan daya yang masuk. Nilai *return loss* harus  $\leq -10\text{dB}$  [7].

### 2.3.5 Voltage Standing Wave Ratio

*Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) merupakan perbandingan dari amplitudo tegangan gelombang berdiri, yaitu perbandingan amplitudo tegangan gelombang berdiri maksimum ( $|V_{max}|$ ) dan amplitudo tegangan gelombang berdiri minimum ( $|V_{min}|$ ). Besarnya nilai VSWR bisa didapatkan dari persamaan [7]:

$$VSWR = \frac{|V_{max}|}{|V_{min}|} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (2.9)$$

dimana,

- VSWR : voltage standing wave ratio,
- $\Gamma$  : koefisien refleksi tegangan,
- $V_{max}$  : amplitudo tegangan gelombang berdiri maksimum,
- $V_{min}$  : amplitudo tegangan gelombang berdiri minimum.

VSWR memiliki rentang nilai dari 1 hingga tak hingga. VSWR juga menjadi salah satu parameter yang digunakan untuk melihat kinerja dari antenna, seperti return loss VSWR juga menjadi parameter untuk mempertimbangkan penentuan frekuensi kerja dari antenna. Semakin besar nilai VSWR maka kinerja antenna semakin buruk. Kondisi yang baik

adalah ketika VSWR bernilai 1. Kondisi ini menandakan antenna match dengan saluran transmisi sehingga tidak ada gelombang yang terpantulkan dari antenna. Batas nilai maksimum VSWR untuk suatu antenna adalah 2, sehingga antenna dikatakan memiliki kinerja baik jika memiliki VSWR dibawah 2 pada frekuensi kerja dari antenna tersebut [5].

### 2.3.6 Bandwidth

Bandwidth adalah rentang frekuensi dimana kinerja suatu perangkat masih dapat diterima. Besar bandwidth merupakan rentang nilai diantara batas atas frekuensi kerja dan batas bawah frekuensi kerja. Batas atas dan batas bawah ditentukan pada dua titik dimana pada domain frekuensi memiliki magnitudo sebesar -10 dB. Berikut persamaan besarnya *bandwidth* [8]:

$$BW = f_1 - f_2 \quad (2.10)$$

dimana,

BW : bandwidth

$f_1$  : batas atas frekuensi kerja

$f_2$  : batas atas frekuensi kerja

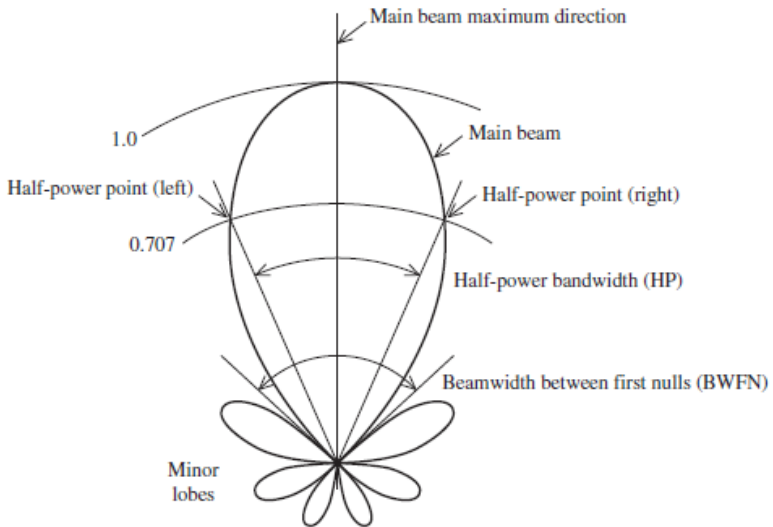
### 2.3.7 Pola Radiasi

Pola radiasi terdiri dari tiga bagian yaitu main lobe, side lobe, dan back lobe. Main lobe adalah daerah radiasi yang memiliki intensitas tertinggi. Side lobe adalah daerah radiasi yang memiliki intensitas yang lebih rendah dari main lobe. Back lobe adalah daerah radiasi yang memiliki arah bertolak belakang dengan main lobe. Main lobe terdiri dari *half power beamwidth* (HPBW) dan *first null beamwidth* (FNBW) [4]. Skema pola radiasi dapat dilihat pada gambar 2.12.

Ruang di sekeliling antenna dibagi dalam tiga daerah, yaitu daerah medan reaktif, daerah medan dekat radiasi (daerah Fresnel), daerah medan jauh (daerah Fraunhofer) [8] dan diilustrasikan pada gambar 2.13.

Untuk menentukan jarak medan reaktif bisa didapatkan dari persamaan:

$$r < 0.62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} \quad (2.11)$$



**Gambar 2.12** Pola Radiasi Antena

Untuk menentukan jarak medan Fresnel bisa didapatkan dari persamaan:

$$0.62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} \leq r \leq \frac{2D^2}{\lambda} \quad (2.12)$$

Pada daerah Fraunhofer efek antena dapat dianalisis. Untuk menentukan jarak medan jauh atau medan Fraunhofer bisa didapatkan dengan persamaan:

$$R > \frac{2D^2}{\lambda}, \text{ dengan } R \gg D \text{ dan } R \gg \lambda \quad (2.13)$$

dimana,

$r$  : jarak pengukuran (m),

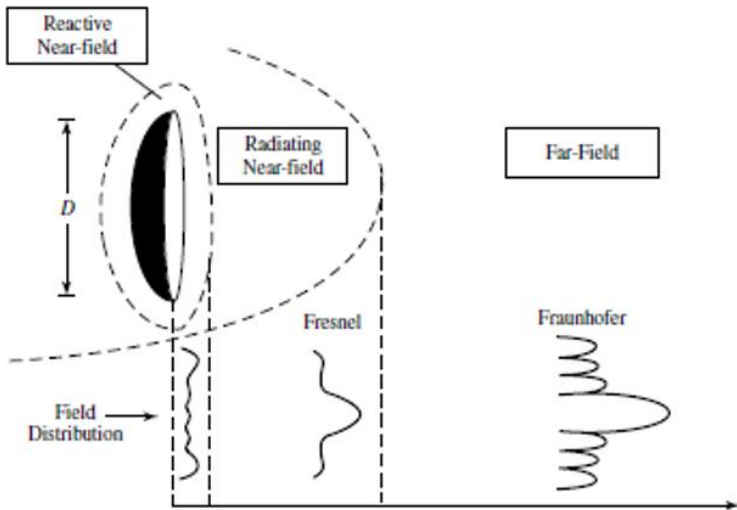
$D$  : panjang dari antena (m),

$\lambda$  : panjang gelombang yang dipancarkan antena (m).

### 2.3.8 Perhitungan Dimensi *Rectangular Patch*

Dalam perancangan *rectangular patch* antena, dimensi yang perlu diketahui adalah panjang (*length*, L) dan lebar (*width*, W) dari antena.





**Gambar 2.13** Daerah Radiasi Antena [8]

Adapun lebar dan panjang dari rectangular patch didapatkan dengan persamaan berikut [4] :

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \epsilon_r + 1 \quad (2.14)$$

$$W = \frac{1}{2f_r \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (2.15)$$

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (2.16)$$

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_{eff} + 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8\right)} \quad (2.17)$$

dimana,

- $f_r$  : frekuensi resonansi atau frekuensi kerja ( $3.10^9$  Hz),
- $c$  : kecepatan cahaya ( $3.10^8$  m/s),
- $h$  : ketebalan substrat,
- $L$  : panjang patch,
- $W$  : lebar patch.

Setelah mendapatkan dimensi dari *patch* maka selanjutnya adalah mencari dimensi dari *substrate* dan *ground plane*. Dimensi *substrate* dan *ground plane* didapatkan dari persamaan 2.18 untuk panjang dan 2.19 untuk lebarnya [4]:

$$L_g = xh + L \quad (2.18)$$

$$W_g = xh + W \quad (2.19)$$

dimana,

$L_g$  : panjang ground plane dan substrate,

$W_g$  : lebar ground plane dan substrate,

$X$  : faktor pengali dengan nilai  $\geq 6$ .

### 2.3.9 Perhitungan Dimensi *Feeding Patch*

Saluran transmisi atau *feeding patch* memiliki fungsi sebagai jalur catu daya pada antena mikrostrip. Lebar dari *feeding patch* memengaruhi impedansi. Besarnya lebar saluran didapatkan dari persamaan 2.20 [7].

$$Wl = \frac{2h}{\pi} \{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} [ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} ] \} \quad (2.20)$$

$$B = \frac{Zf\pi}{2Z0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.21)$$

$$Zf = \sqrt{\mu0/\epsilon0} = \sqrt{\frac{4\pi \times 10^{-7} \frac{Wb}{Am}}{8,85418 \times 10^{-12} c^2/N m^2}} = 378.6 \Omega \quad (2.22)$$

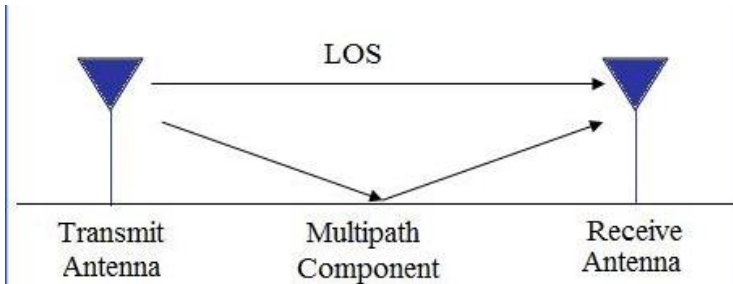
dimana,

$Wl$  : Lebar saluran Transmisi,

$Zf$  : impedansi gelombang di ruang hampa.

### 2.4 *Multipath*

*Multipath* atau lintasan jamak dapat disebabkan oleh pantulan dari objek-objek dalam ruangan, semakin banyak objek yang ada dalam ruangan maka *lintasan jamak pun* bisa bertambah banyak pula. Hal ini dapat menyebabkan sinyal yang dipancarkan menyebar dan diterima oleh *receiver* dengan daya dan *delay* waktu yang berbeda-beda. Selain itu, besarnya redaman *obstacle* pada transmisi NLOS juga mempengaruhi banyaknya *multipath*. Benda atau *obstacle* yang memiliki redaman tinggi akan mempunyai koefisien pantul yang tinggi sehingga dapat menambah



**Gambar 2.14** *Multipath Propagation*

jumlah lintasan propagasi [3]. Skema dari *multipath propagation* diberikan pada gambar 2.14.

## 2.5 *Vector Network Analyzer*

*Vector network analyzer* (VNA) merupakan alat ukur (instrumen) yang dapat digunakan untuk mengukur parameter antenna dalam domain frekuensi. Parameter yang dapat diukur diantaranya ialah *scattering parameter*, *voltage standing wave ratio*, *return loss*, dan *bandwidth*.



**Gambar 2.15** VNA *Handheld* Agilent N9923A

VNA yang digunakan pada penelitian ini, yaitu VNA Agilent N9923A yang dapat melakukan pengukuran pada frekuensi 2MHz sampai dengan 6 GHz. Pada datasheet dari VNA Agilent N9923A diberikan informasi terkait spesifikasi kemampuan pengukuran, rentang frekuensi yang dapat diukur, *Sweep Speed* pada parameter S11 dan S21, *data points*, *directivity*, *IF Bandwidth* yang dapat diukur, *output power range* pada daya tinggi dan daya rendah. VNA Agilent N9923A dapat dilihat pada gambar 2.15. Pada Tabel 2.1 diberikan spesifikasi dari VNA Agilent N9923A:

**Tabel 2.1** Tabel Spesifikasi VNA Agilent N9923A

| No. | Spesifikasi               |  | Keterangan   |
|-----|---------------------------|--|--|
| 1   | Pengukuran                | S11, S21<br>S12, S22<br><i>Display:</i><br><br><i>System impedance</i> | <i>Magnitude and Phase</i><br><i>Magnitude and Phase</i><br><i>Log, linear, phase, group delay, VSWR, Smith chart, polar chart, split screen to show different S-parameters and phases</i><br><br>50 Ohm and 75 Ohm ( <i>with adapters</i> ) |
| 2   | Frekuensi                 | <i>Range</i>   | 2 MHz to 6 GHz   |
| 3   | <i>Sweep Speed</i>        | S21, S11   | 2 MHz to 6 GHz, 30 KHz IFBW, 1001 <i>points</i> 0.695 ms/ <i>point</i>   |
| 4   | <i>Data Points</i>        | <i>Data points</i>   | 101, 201, 401, 601, 801, 1001, 1601, 4001, 10,001 ( <i>custom number points can be set using SCPI</i> )  |
| 5   | <i>Directivity</i>        | <i>Corrected:</i>  | 42 dB  |
| 6   | <i>System Dynamic</i>     | <i>Range (S21)</i>   | 2 MHz to 6 GHz :100 dB ( <i>typical</i> )  |
| 7   | <i>IF Bandwidth</i>       | <i>IF Bandwidth</i>  | 300 Hz, 1 KHz, 3 KHz, 10 KHz, and 30 KHz   |
| 8   | <i>Output Power Range</i> | <i>High Power</i><br><br><i>Low Power</i>                              | +6 dBm (nominal)<br><br>-40 dBm (nominal)  |

## 2.6 Parameter Statistik

Statistika merupakan suatu metode untuk mengumpulkan, mengukur dan mengolah data yang didapatkan secara matematis. Parameter-parameter statistika diantaranya ialah rata-rata, standard deviasi, varians, dan *cumulative distribution function* (CDF) [6].

### 2.6.1 Rata-Rata

Rata-rata merupakan metode yang dapat merepresentasikan besaran dari data yang diamati. Rata-rata dapat ditentukan dengan cara membagi jumlah nilai data dengan banyaknya data atau dengan persamaan 2.23 [6].

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2.23)$$

dimana,

$\bar{x}$  : rata-rata hitung,  
 $x_i$  : nilai sampel ke-i,  
 $n$  : jumlah sampel.

### 2.6.2 Varians

Varians digunakan untuk mengetahui penyimpangan dari suatu objek pengamatan. Varians merepresentasikan bagaimana berpecahnya suatu data kuantitatif dan dapat ditentukan melalui persamaan 2.24 [6].

$$s^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n(n-1)} \quad (2.24)$$

dimana,

$s^2$  : varians,  
 $x_i$  : nilai sampel ke-i,  
 $\bar{x}$  : rata-rata hitung,  
 $n$  : jumlah sampel.

### 2.6.3 Standar Deviasi

Standar deviasi merupakan metode yang digunakan untuk menentukan bagaimana sebaran data dalam suatu objek pengamatan dan seberapa dekat titik data suatu data ke rata-rata. Standar deviasi dapat ditentukan dari persamaan 2.25 [6].

$$\text{std} = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n(n-1)}} \quad (2.25)$$

dimana,

std : standard deviasi,  
 $x_i$  : nilai sampel ke-i,  
 $\bar{x}$  : rata-rata hitung,  
 n : jumlah sampel.

Dengan kata lain, standard deviasi dapat ditentukan langsung dengan mengakarkan kuadrat nilai dari varians.

#### 2.6.4 *Cumulative Distribution Function*

*Cumulative distribution function* (CDF) adalah penjumlahan dari semua fungsi distribusi probabilitas. CDF merepresentasikan nilai kumulatif dari peluang suatu *event* pengamatan dan memiliki nilai dari 0 sampai dengan 1. *Cumulative distribution function* dinyatakan sebagai jumlah dari seluruh nilai fungsi probabilitas yang lebih kecil atau sama dengan suatu nilai yang ditetapkan, dan dinyatakan sebagai berikut [6]:

$$\begin{aligned}
 F(x) &= P(X \leq x) & (2.26) \\
 &= P(X = x_1) + P(X = x_2) + \dots + P(X = x_n)
 \end{aligned}$$

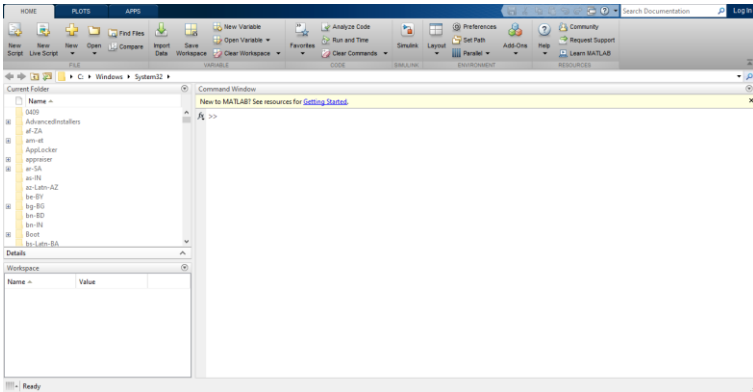
dimana,

$F(x)$  : *cumulative distribution function*,

$P(X = x_n)$  : probabilitas dari *event* n.

#### 2.7 *Matrix Laboratory*

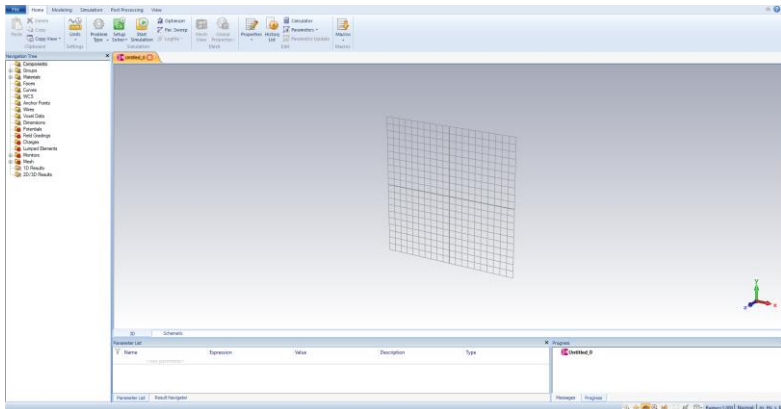
*Matrix Laboratory* atau Matlab merupakan aplikasi yang dapat digunakan dalam membantu pengolahan komputasi data. Dasar dari komputasi pada matlab adalah menggunakan matriks dan array dan juga terdapat berbagai fasilitas pada matlab, salah satunya yaitu simulink. Contoh dari interface dari matlab diberikan pada gambar 2.10 [4].



Gambar 2.16 Interface matlab

## 2.8 CST Studio Suite

CST *Studio Suite* merupakan *software* untuk perancangan, analisis, dan optimasi komponen elektromagnetik dengan pemodelan tiga dimensi. Parameter yang dapat disimulasikan dengan *software* ini ialah kinerja dari antenna dan filter, kompatibilitas elektromagnetik dan interferensinya (EMC/EMI), radiasi medan ke tubuh manusia dan efek elektromekanik pada motor dan generator. Ilustrasi pada interface *CST Studio Suite* diberikan pada gambar 2.11.



Gambar 2.17 Interface CST Studio Suite

*Lembar ini sengaja dikosongkan*

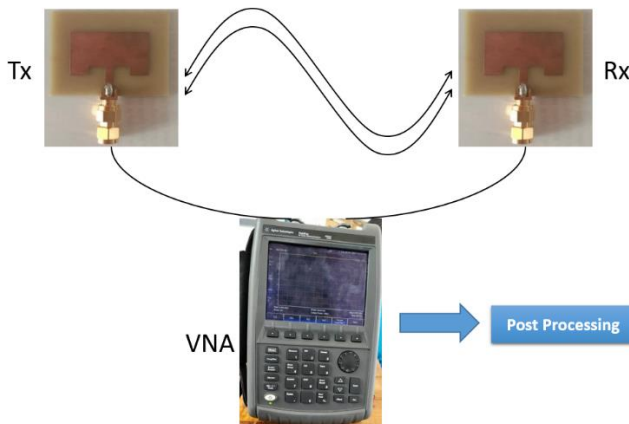


## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Pendahuluan

Pada bagian ini akan dibahas parameter-parameter pengukuran, instrument pengukuran, dan antenna yang digunakan pada penelitian ini. Selanjutnya, akan dibahas terkait inisiasi pengukuran sistem komunikasi *wireless body area network*, dan perancangan atau konfigurasi skenario dan pengondisian ruangan *indoor* seperti pada ruangan ICU rumah sakit. Data yang didapatkan atau diukur meliputi nilai fungsi transfer kabel, penentuan frekuensi kerja antenna, dan parameter  $S_{21}$  dari sistem rancangan *wireless body area network*. Selanjutnya, data diolah menggunakan parameter-parameter statistik, seperti rata-rata, varians, standard deviasi, dan *cumulative distribution function*. Dari pengolahan data melalui parameter-parameter statistik ini dapat dihasilkan suatu sintesis untuk pengaplikasian *wireless body area network* pada ruangan *indoor*.

Gambar 3.1 menunjukkan skema atau diagram dari sistem pengukuran yang akan dilakukan, dimana antenna Tx atau antenna yang terpasang pada tubuh pasien tersambung dengan port 1 pada VNA dan antenna Rx atau antenna sebagai *data collector device* yang dipasang pada dinding ruangan tersambung pada port 2 VNA. Selanjutnya pada VNA dilakukan pengukuran parameter  $S_{21}$  untuk mengetahui respon kanalnya.



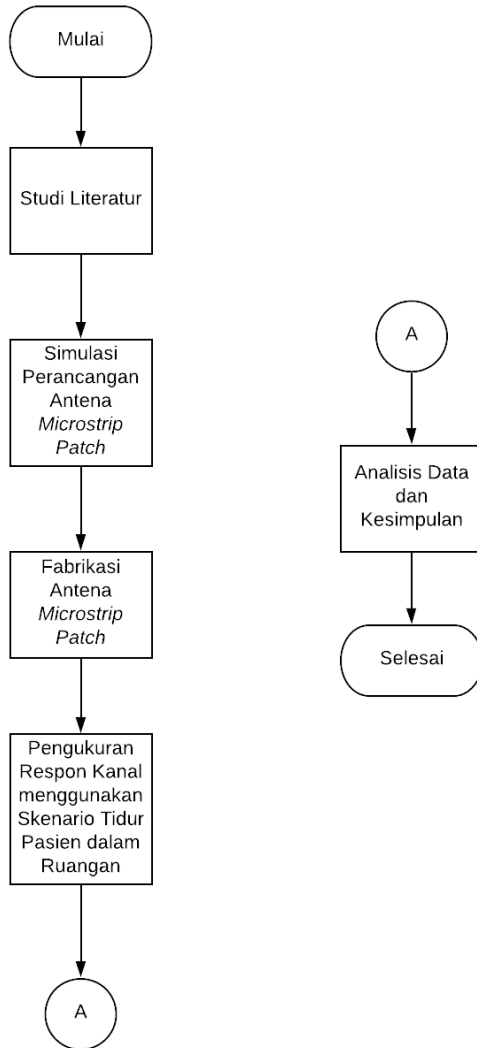
**Gambar 3.1** Diagram Sistem Pengukuran

Penelitian ini dilakukan oleh satu tim dengan masing-masing penelitian dibagi menjadi tiga pengukuran kanal, diantaranya adalah pengukuran respon kanal dari tubuh pasien ke *data collector device* yang mana *device* ini merupakan pengumpul data sebelum akhirnya data diteruskan ke *nurse station*. Selanjutnya, pengukuran respon kanal dari tubuh pasien langsung ke *nurse station*, dan pengukuran respon kanal dari *data collector device* ke *nurse station* sebagaimana link dari masing-masing penelitian diilustrasikan oleh gambar 3.5. Masing-masing pengukuran dilakukan di dalam ruangan dan pada ruangan yang sama dan dikondisikan serelevan mungkin seperti sebuah ruangan ICU. Pengukuran kanal domain frekuensi menggunakan *vector network analyzer* menggunakan dua buah antena *microstrip patch* yang identik dengan posisi satu antena *microstrip patch* dipasang di tubuh sebagai *transmitter* dan satu antena *microstrip patch* dipasang pada dinding sebagai *data collector device* atau *hub*. *Data device collector* atau *hub* memiliki fungsi untuk meneruskan data yang terbaca yang dikumpulkan dari sensor pada tubuh pasien-pasien pada sebuah ruangan ICU menuju *nurse station*.

### **3.2 Diagram Alir Penelitian**

Pada gambar 3.2 ditampilkan diagram alir perancangan dari awal proses sampai dengan selesai, diantaranya ialah studi literatur, simulasi antena yang akan digunakan, seperti dicari pola radiasinya dari antena yang sudah ada dan selanjutnya dilanjutkan ke tahap fabrikasi.

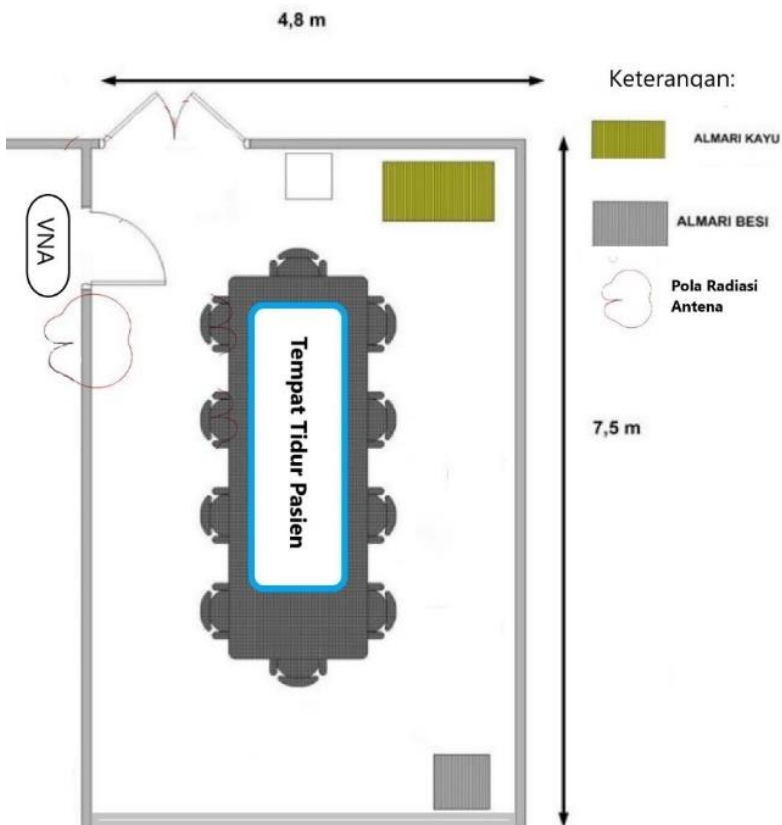
Selanjutnya, dilakukan perancangan skenario pengukuran, dan selanjutnya dilakukan pengukuran respon kanal dengan menggunakan skenario yang sudah dirancang. Data yang sudah didapatkan selanjutnya dianalisis menggunakan parameter statistik, seperti rata-rata, varians, standard deviasi, dan *cumulative distribution function*. Selanjutnya, dilakukan sintesis dan kesimpulan dari analisis yang telah dilakukan. Pada tahap akhir, dilakukan penyusunan buku laporan tugas akhir.



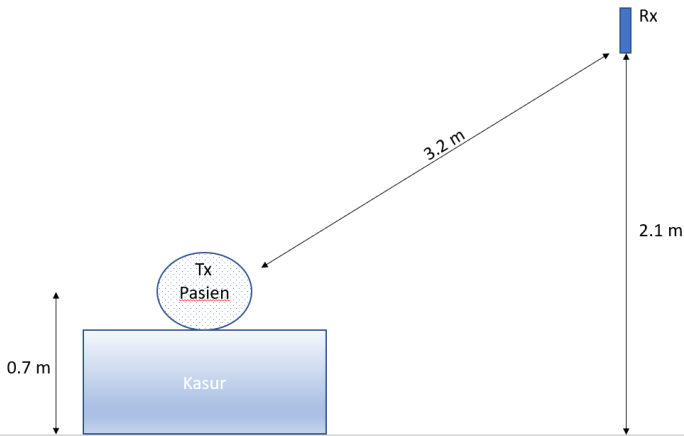
**Gambar 3.2** Diagram Alir Penelitian

### 3.3 Kondisi dan Perancangan Ruangan

Pengukuran pada penelitian ini dilakukan dalam ruangan B305 dengan perancangan seperti di dalam sebuah ruangan ICU. Denah dan skema dari konfigurasi pengukuran dapat dilihat pada gambar 3.3 dan gambar 3.4. Pengukuran menggunakan VNA dengan posisi VNA berada di luar ruangan agar tidak ikut menjadi objek pantul dan pintu ruangan yang menghubungkan B305 dan B306 dalam keadaan tertutup. Pada ruangan B305 terdapat beberapa objek pantul, seperti lemari, dinding, dan meja yang dapat memberikan dampak terhadap *multipath* sinyal.



**Gambar 3.3** Denah Ruangan B305 untuk Pengukuran Skenario



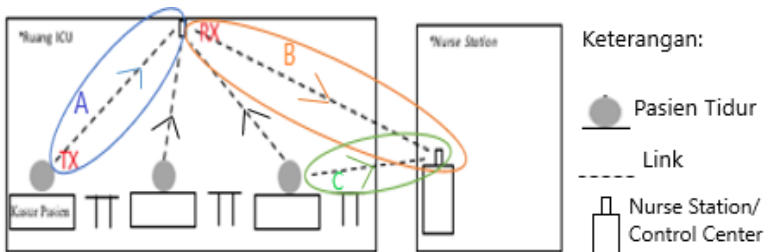
**Gambar 3.4** Skema Konfigurasi Jarak pada Pengukuran Skenario

Pada gambar 3.4 dapat dilihat jarak antenna Tx yang berada pada tubuh pasien ke antenna penerima Rx yang ada pada dinding ruangan sebesar 3.2 meter dan tinggi antenna Rx dari tanah sebesar 2.1 meter.

### 3.4 Skenario Pengukuran

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran dengan skenario pasien sedang berbaring di tempat tidur dan dibuat relevan dengan kondisi sebenarnya pada ICU di rumah sakit. Skenario pada pengukuran ini mempertimbangkan posisi pasien saat tidur dan mempertimbangkan orientasi antenna *microstrip patch* yang dipasang pada tubuh pasien.

Gambar 3.5 menunjukkan skema dari keseluruhan sistem yang dirancang. Pada penelitian ini difokuskan pada pengukuran respon kanal



**Gambar 3.5** Skema Pengukuran Keseluruhan Sistem

**Tabel 3.1** Tabel penamaan skenario

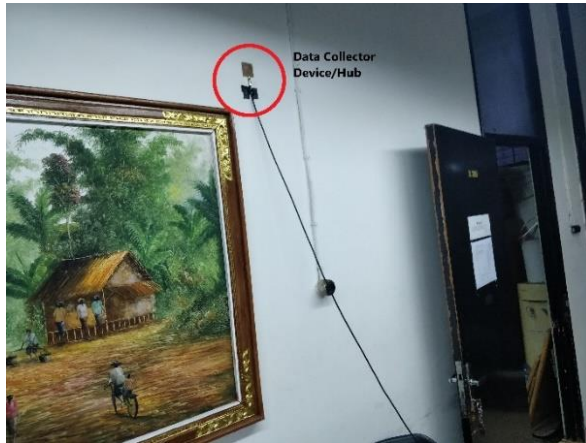
| <b>Posisi Antena</b> | <b>Orientasi Badan Pasien</b> | <b>Penamaan</b>  |
|----------------------|-------------------------------|------------------|
| Tangan Kanan         | Terlentang                    | <i>Channel 1</i> |
|                      | Menghadap Kanan               | <i>Channel 2</i> |
|                      | Menghadap Kiri                | <i>Channel 3</i> |
| Dada                 | Terlentang                    | <i>Channel 4</i> |
|                      | Menghadap Kanan               | <i>Channel 5</i> |
|                      | Menghadap Kiri                | <i>Channel 6</i> |
| Tangan Kiri          | Terlentang                    | <i>Channel 7</i> |
|                      | Menghadap Kanan               | <i>Channel 8</i> |
|                      | Menghadap Kiri                | <i>Channel 9</i> |

dan didapatkan karakteristik dari kanal pada komunikasi WBAN dimana sensor dipasang pada tubuh pasien terhubung ke sebuah *data collector device*.

Pengukuran dilakukan dengan sembilan macam skenario posisi tidur, diantaranya adalah posisi antena pada tangan kanan pasien lalu pasien tidur dengan terlentang, menghadap kanan, dan menghadap kiri, selanjutnya posisi antena pada dada lalu pasien tidur dengan terlentang, menghadap kanan, dan menghadap kiri, selanjutnya posisi antena pada tangan kiri lalu pasien tidur dengan terlentang, menghadap kanan, dan menghadap kiri. Pengukuran dilakukan sebanyak lima kali dari masing-masing *channel*, sehingga total didapatkan sampel sebanyak 45 sampel data yang selanjutnya akan dinalisis menggunakan parameter statistik untuk mendapatkan sintesis dari perancangan *wireless body area network* pada komunikasi dalam ruangan. Untuk memudahkan penamaan skenario, maka dibuat penamaan untuk masing-masing skenario, seperti pada tabel 3.1. Penamaan dari skenario pada bagian selanjutnya akan mengikuti penamaan pada tabel 3.1

#### **3.4.1 Posisi Antena Penerima**

Semua pengukuran skenario menggunakan *antena microstrip patch* dengan posisi antena penerima atau pada pengaplikasiannya disebut dengan *data collector device* atau *hub* dipasang pada posisi tetap, yaitu pada dinding ruangan B305 dapat dilihat pada gambar 3.6.



**Gambar 3.6** Posisi antena penerima

### **3.4.2 Posisi Sensor pada Tangan Kanan**

Posisi antena pada tangan kanan terdiri dari pengukuran *channel 1*, *channel 2*, dan *channel 3*. Pengukuran pertama yang dilakukan, yaitu pengukuran *channel 1*, dimana skenario ini pasien dalam keadaan badan terlentang dan antena Tx dipasang pada tangan kanan pasien. Ilustrasi pengukuran dapat dilihat pada gambar 3.7 dan 3.8.



**Gambar 3.7** Posisi Antena Tx pada *channel 1*



**Gambar 3.8** Perspektif posisi antena Rx pada *channel 1*

Selanjutnya, pengukuran yang dilakukan adalah pengukuran *channel 2*. Pengukuran *channel 2* dilakukan dengan skenario posisi antena Tx pada posisi yang sama dengan pengukuran *channel 1*, yaitu pada tangan kanan tetapi dengan orientasi tubuh yang berbeda, yaitu badan tidur menghadap kanan. Ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 3.9.

Selanjutnya, dilakukan pengukuran *channel 3*. Pada pengukuran *channel 3* terdapat perbedaan orientasi badan, yaitu pasien tidur dengan badan menghadap kiri. Pada posisi ini antena Tx membelakangi antena Rx. Ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 3.10.



**Gambar 3.9** Ilustrasi orientasi badan pada pengukuran *channel 2*





**Gambar 3.10** Ilustrasi pengukuran *channel 3*

### 3.4.3 Posisi Sensor pada Dada

Skenario pengukuran posisi sensor pada dada terdiri dari tiga orientasi tubuh pasien saat tidur, yaitu saat pasien terlentang, saat pasien tidur menghadap ke arah kanan, dan saat pasien tidur ke arah kiri. Perubahan orientasi tubuh ini direpresentasikan dengan nama *channel 4*, *channel 5*, dan *channel 6*. Perubahan orientasi tubuh saat pasien tidur memengaruhi orientasi antena *microstrip* yang dipasang pada dada pasien, sehingga perlu dilakukan percobaan bagaimana kanal yang dihasilkan dan pada skenario apa sinyal yang didapat paling baik.

Pengukuran pada *channel 4* dilakukan dengan posisi antena Tx pada dada dan dengan orientasi tubuh saat tidur dalam keadaan terlentang. Ilustrasi dari pengukuran *channel 4* dapat dilihat pada gambar 3.11 dan gambar 3.12.

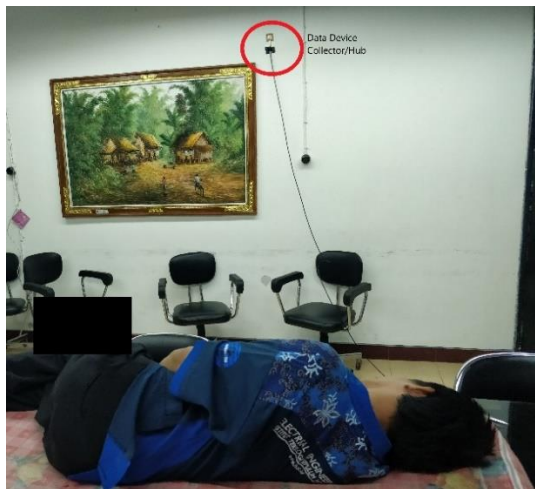


**Gambar 3.11** Penempatan Sensor pada Dada



**Gambar 3.12** Ilustrasi Pengukuran *Channel 4*

Selanjutnya, pada pengukuran *channel 5* terdapat perubahan orientasi badan, yaitu badan menghadap kanan. Pada skenario ini antena Tx dan Rx saling berhadapan dapat dilihat pada gambar 3.13.



**Gambar 3.13** Ilustrasi Pengukuran *Channel 5*



**Gambar 3.14** Ilustrasi Pengukuran *Channel 6*

Pengukuran pada *channel 6* orientasi badan pasien menghadap kiri dan posisi antena Tx membelakangi antena Rx. Ilustrasi pengukuran dapat dilihat pada gambar 3.14.

#### **3.4.4 Posisi Sensor pada Tangan Kiri**

Pengukuran posisi antena Tx pada tangan kiri terdiri dari pengukuran *channel 7*, *channel 8*, dan *channel 9*. Pada pengukuran *channel 7*, posisi antena berada pada tangan kiri pasien dengan orientasi tubuh pasien saat tidur terlentang. Ilustrasi pengukuran dapat dilihat pada gambar 3.15.



**Gambar 3.15** Ilustrasi Pengukuran *Channel 7*

Selanjutnya pengukuran pada *channel 8* dilakukan dengan orientasi badan menghadap kanan. Ilustrasi dari pengukuran dapat dilihat pada gambar 3.16.



**Gambar 3.16** Ilustrasi Pengukuran *Channel 8*



**Gambar 3.17** Ilustrasi Pengukuran *Channel 9*

Skenario terakhir, yaitu pengukuran pada *channel 9* dimana orientasi badan pasien saat tidur atau berabring menghadap kiri. Ilustrasi pengukuran dapat dilihat pada gambar 3.17.

### 3.5 Proses Pengukuran dan Pengolahan Data

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan instrumen pengukuran *vector network analyzer* (VNA) tipe Agilent N9923A. Lokasi pengukuran dilakukan di ruangan B-305 Teknik Elektro ITS.

Sebelum memulai pengukuran, dilakukan persiapan instrumen dan alat-alat penunjang pengukuran, seperti antena, kabel RG58, dan *dummy load*. Pertama-tama dilakukan pengukuran terhadap ke dua antena hasil fabrikasi. Parameter-parameter yang diukur diantaranya, return loss dan VSWR. Selanjutnya, dilakukan pengukuran dari nilai *losses* kabel. Pengukuran *losses* kabel perlu dilakukan karena pada penelitian ini jaringan area tubuh diterapkan secara nirkabel, sehingga selanjutnya akan ada pengaruh terhadap respon kanal. Setelah dilakukan pengukuran kabel, selanjutnya memasuki pengukuran dengan skenario ruangan ICU rumah sakit. Pada skenario ini, antena *microstrip rectangular patch* dipasang pada tubuh pasien dan pasien dalam keadaan berbaring di tempat tidur. Antena yang berada di tubuh pasien sebagai *transmitter* dan antena yang satunya sebagai *receiver* di pasang di dinding ruangan. Parameter yang diukur pada pengukuran skenario adalah S21.

### 3.5.1 Respon Kanal

Perubahan perilaku output terhadap perubahan sinyal input pada suatu kanal komunikasi merupakan definisi dari respon kanal. Respon suatu sistem berkorelasi dengan nilai *scattering parameter* dimana respon kanal dapat ditentukan dari perbandingan daya output dan input pada suatu sistem. Nilai dari respon suatu sistem direpresentasikan sebagai  $h=S_{21}=ae^{j\theta}$ . Selanjutnya, nilai dari  $S_{21}$  dapat diukur menggunakan VNA, dimana  $a$  merepresentasikan nilai magnitudo dalam linear dan  $e^{j\theta}$  merepresentasikan besaran fasa dalam polar. Pada penelitian ini difokuskan pada besaran magnitudo untuk mengetahui karakteristik kanal WBAN dalam ruangan, besaran fasa terdistribusi secara *uniform*. Pada VNA, besaran nilai magnitudo masih dalam satuan dB dan perlu dilinearakan terlebih dahulu sebelum diolah menggunakan parameter statistik seperti rata-rata.

### 3.5.2 Prosedur Kalibrasi Alat Ukur

Proses kalibrasi alat ukur hanya dilakukan pada *Vector Network Analyzer*. Berikut merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam pengaturan kalibrasi *Vector Network Analyzer* :

1. Siapkan alat ukur dan peralatan yang digunakan.
2. Menghidupkan *virtual network analyzer* dan menunggu proses *booting virtual network analyzer* dengan kedua port terbuka hingga proses selesai.
3. Masuk ke menu kalibrasi. Terdapat dua proses kalibrasi, yaitu: kalibrasi *open* dan kalibrasi *short*. Pada saat kalibrasi *open*, maka yang dipasang adalah kalibrator *open*. Pada saat kalibrasi *short*, maka yang dipasang adalah kalibrator *short*.
4. Setelah kalibrator terpasang, tekan tombol start untuk memulai proses kalibrasi.
5. Setelah proses selesai, *Vector Network Analyzer* siap digunakan.

### 3.5.3 Set Up Pengukuran

Alat-alat yang digunakan untuk penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.18. Pengukuran diawali dengan mempersiapkan alat-alat ukur yang digunakan, yang terdiri dari VNA, dua kabel sepanjang 10 meter, dua antena *microstrip patch rectangular* yang identik, dan *dummy load* sebesar  $50 \Omega$ .



**Gambar 3.18** Alat-Alat Pengukuran

Kemudian kedua antenna *microstrip patch rectangular* identik dihubungkan oleh kabel ke VNA. Setelah pemasangan antenna di posisi yang telah ditentukan, dilakukan *setting* pada VNA sebagai berikut:

1. Setting Frekuensi
  - a. Tekan *Freq/ Dist*
  - b. Masukkan *Start Freq* 2.8 GHz
  - c. Masukkan *Stop Freq* 3.1 GHz
  - d. Pilih *Center Freq*
  - e. Pilih *Freq Span*
  - f. Pilih *Save*
  
2. Setting Resolusi Pengukuran
  - a. Pilih *Measure Set Up*
  - b. Pilih *Resolution*
  - c. Pilih resolusi yang diinginkan
  - d. Pilih OK, lalu *Save*

#### **3.5.4 Proses Pengukuran *Losses Kabel***

Dalam pengukuran karena WBAN menggunakan media transmisi secara nirkabel maka perlu dilakukan pengukuran rugi-rugi kabel dari kabel yang digunakan. Kabel yang digunakan untuk pengukuran adalah 2 kabel RG-58 sepanjang 10 m. Berikut langkah-langkah pengukuran rugi-rugi kabel:

1. Siapkan alat ukur yang digunakan
2. Menghidupkan *virtual network analyzer* dan menunggu proses *booting virtual network analyzer* dengan kedua port terbuka hingga proses selesai.
3. Sambungkan kabel 1 pada port 1 dan dihubungkan pada port 2.
4. Tekan tombol *measure* untuk melakukan pengukuran.
5. Pilih *logmag* untuk melihat rugi-rugi kabel dalam satuan desibel.
6. Set marker pada 3GHz.
7. Ulangi langkah 1 sampai 5 untuk kabel 2.

#### **3.5.5 Proses Pengukuran *Voltage Standing Wave Ratio***

Prosedur pengukuran *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) sama untuk kedua antenna. Berikut merupakan langkah-langkah pengukurannya:

1. Siapkan alat ukur dan peralatan yang digunakan.
2. Menghidupkan *virtual network analyzer* dan menunggu proses *booting virtual network analyzer* dengan kedua port terbuka hingga proses selesai.
3. Sambungkan antenna pada port 1 *virtual network analyzer* dan *dummy load* 50 ohm pada port 2.
4. Tekan tombol *marker* untuk memberi tanda pada frekuensi 3 GHz.
5. Tekan tombol *measure* untuk melakukan pengukuran.
6. Pilih mode pengukuran, pilih VSWR untuk melihat VSWR antenna.

#### **3.5.6 Proses Pengukuran *S21, Bandwidth, dan Return Loss***

Prosedur pengukuran *S21, bandwidth, dan return loss* antenna sama untuk kedua antenna, Berikut merupakan langkah-langkah pengukurannya:

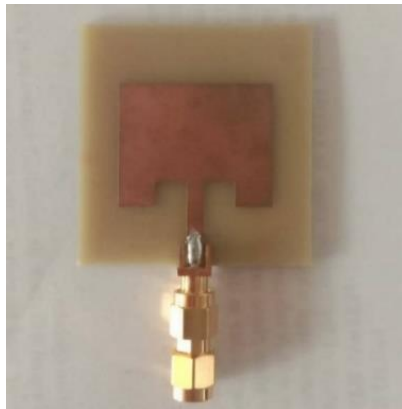
1. Siapkan alat ukur dan peralatan yang digunakan.
2. Menghidupkan *virtual network analyzer* dan menunggu proses *booting virtual network analyzer* dengan kedua port terbuka hingga proses selesai.
3. Sambungkan antenna pada port 1 *virtual network analyzer* dan *dummy load* 50 ohm pada port 2.



4. Tekan tombol measure untuk melakukan pengukuran.
5. Pilih mode pengukuran, pilih S21.
6. Tekan tombol marker untuk memberi tanda pada frekuensi dengan nilai S21 sebesar -10 dB untuk mencari *bandwidth* dan  $\leq -10$  dB untuk *return loss*.

### 3.6 Antena Mikrostrip *Rectangular Patch*

Penelitian ini menggunakan dua buah antena *microstrip rectangular patch* yang identik. Penentuan frekuensi kerja dari antena ini dipertimbangkan dari nilai *return loss* yang kecil dan lebih kecil dari -10 dB pada pengukuran kinerja antena pada pengukuran S11 dari antena *microstrip rectangular patch* yang digunakan dan juga apabila mengacu kepada standard IEEE 802.15.6, sistem WBAN tergolong pada *Industrial, Scientific, and Medical (ISM) bands* yang mana frekuensi kerjanya sesuai standard adalah 2.4 GHz, namun dengan mempertimbangkan adanya interferensi dengan device lain seperti WiFi frekuensi kerja tidak di *set* pada frekuensi 2.4 GHz, melainkan 3 GHz. Antena *microstrip rectangular patch* yang digunakan memiliki substrat FR4 dengan bahan *patch copper* atau tembaga. Antena *microstrip rectangular patch* yang digunakan memiliki parameter-parameter, di antaranya adalah VSWR, Pola Radiasi, ketebalan konduktor (*copper*), dan ketebalan *substrat* (FR4). Antena *microstrip rectangular patch* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.19 dan nilai-nilai dari parameter antena *microstrip rectangular patch* yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3.2.



**Gambar 3.19** Antena *Microstrip Rectangular Patch*

**Tabel 3.2** Tabel parameter antenna

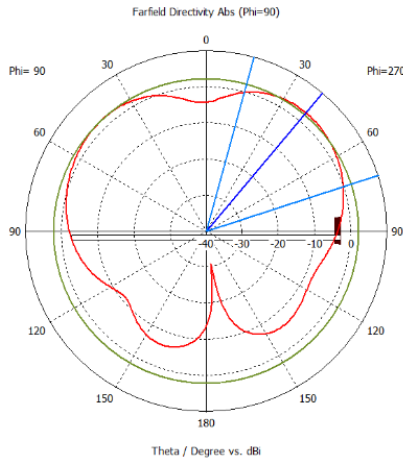
| Parameter            | Nilai | Satuan |
|----------------------|-------|--------|
| Frekuensi Kerja      | 3     | GHz    |
| Konstanta Dielektrik | 4.3   | -      |
| Panjang Ground Plane | 45    | mm     |
| Lebar Ground Plane   | 46    | mm     |
| Tebal Substrat       | 1.6   | mm     |
| Ketebalan Patch      | 0.035 | mm     |
| Panjang Patch        | 3     | mm     |
| Lebar Patch          | 2.4   | mm     |

Tabel 3.2 menunjukkan parameter-parameter dari antenna *microstrip rectangular patch* yang digunakan [4]. Diantaranya antenna yang digunakan memiliki frekuensi kerja sebesar 3GHz, konstanta dielektrik sebesar 4.3, tebal substrat 1.6 mm dengan ketebalan patch 0.035 mm, dan dimensi patch sebesar 3 mm x 2.4 mm. Untuk menentukan panjang dan lebar antenna *microstrip rectangular patch* ini dapat ditentukan dengan persamaan 2.14 dan 2.15. Langkah ini juga dapat untuk memastikan apakah parameter-parameter yang sudah didapatkan sesuai atau belum. Panjang antenna didapatkan sebesar 4.5 cm dan lebar sebesar 4.6 cm.

### 3.6.1 Simulasi Pola Radiasi Antena

Antena *microstrip patch* yang digunakan merupakan antenna *directional* dengan pola radiasi yang ditunjukkan pada gambar 3.17. Pola radiasi antenna *microstrip patch* pada gambar 3.17 didapatkan dengan menggunakan simulasi *software* CST Studio Suite.

Pada gambar 3.20 didapatkan pola radiasi dengan main lobe mengarah ke 40 derajat dari arah *broadside* dengan magnitudo sebesar 2.81 dBi.



Frequency = 3 GHz  
 Main lobe magnitude = 2.81 dBi  
 Main lobe direction = 40.0 deg.  
 Angular width (3 dB) = 56.7 deg.  
 Side lobe level = -0.6 dB

**Gambar 3.20** Sketsa dan Nilai Parameter dari Pola Radiasi

### 3.6.2 Perhitungan Medan Radiasi Antena

Perhitungan medan radiasi antena perlu dilakukan untuk mendapatkan jarak medan jauh dan medan dekatnya. Persamaan yang digunakan terdapat pada persamaan 2.11, 2.12, dan 2.13. Antena *microstrip rectangular patch* yang digunakan berfrekuensi kerja 3 GHz, sehingga dapat ditentukan panjang gelombang dari persamaan 2.1, sebesar 0.1 m atau 10 cm. Antena *microstrip rectangular patch* yang digunakan memiliki sisi terpanjang sebesar 4.6 cm untuk perhitungan daerah medan.

Untuk menentukan jarak medan reaktif bisa didapatkan dari persamaan:

$$r < 0.62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}}$$

$$r < 0.62 \sqrt{\frac{(4.6)^3}{10}}$$

$$r < 0.62 \sqrt{9.7336}$$

$$r < 0.62 \sqrt{9.7336}$$

$$r < 1.93 \text{ cm}$$

Didapatkan jarak medan reaktif dari antena *microstrip rectangular patch* yang digunakan, yaitu pada  $r < 1.93 \text{ cm}$ .

Untuk menentukan jarak medan Fresnel bisa didapatkan dari persamaan:

$$0.62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} \leq r \leq \frac{2D^2}{\lambda}$$

$$0.62 \sqrt{\frac{(4.6)^3}{10}} \leq r \leq \frac{2(4.6)^2}{10}$$

$$1.93 \text{ cm} \leq r \leq 4.232 \text{ cm}$$

Didapatkan jarak medan Fresnel dari antena *microstrip rectangular patch* yang digunakan, yaitu pada rentang  $1.93 \text{ cm} \leq r \leq 4.232 \text{ cm}$ .

Untuk menentukan jarak medan jauh atau medan Fraunhofer bisa didapatkan dengan persamaan:

$$R > \frac{2D^2}{\lambda}$$

$$R > \frac{2(4.6)^2}{10}$$

$$R > 4.232 \text{ cm}$$

Didapatkan jarak medan Fraunhofer atau medan jauh dari antena *microstrip rectangular patch* yang digunakan, yaitu pada  $R > 4.232 \text{ cm}$ .

### 3.6.3 Pengukuran *Bandwidth* Antena

Pengukuran bandwidth antena dilakukan dengan cara pengukuran pada S11 dimana pada port 1 dipasang antena *microstrip* yang digunakan pada penelitian ini dan port 2 dipasang *dummy load* 50 Ohm. Selanjutnya, dicari batas atas dan batas bawah dari frekuensi kerja, yaitu dengan cara mencari dua titik dekat daerah return loss yang paling kecil dimana memiliki nilai magnitudo sebesar -10 dB.

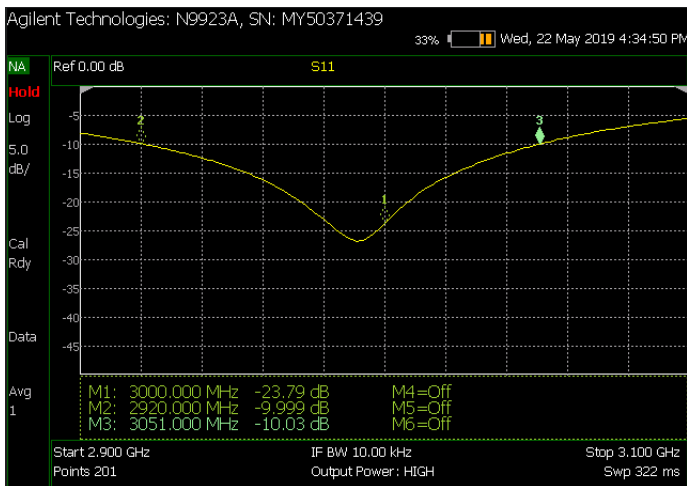
Berdasarkan hasil pengukuran pada gambar 3.21, didapatkan frekuensi atas sebesar 3051 MHz dan frekuensi bawah sebesar 2920 MHz, sehingga dengan persamaan 2.10 :

$$BW = f_1 - f_2$$

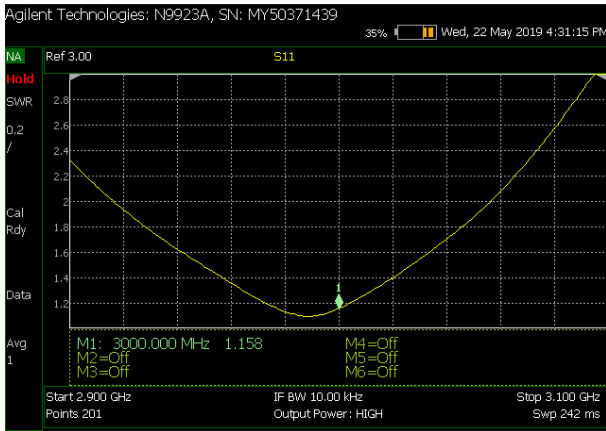
$$BW = (3051 - 2920)MHz$$

$$BW = 131 MHz$$

Didapatkan bandwidth pada antena *microstrip rectangular patch* yang digunakan adalah sebesar 131 MHz.



Gambar 3.21 Bandwidth Antena



**Gambar 3.22** VSWR Antena

### 3.6.4 Pengukuran VSWR Antena

*Voltage standing wave ratio* merupakan perbandingan nilai dari sinyal yang dipantulkan dengan sinyal yang datang. VSWR dianggap baik bila nilainya dibawah 2.

Pengukuran VSWR antena *microstrip rectangular patch* yang digunakan pada gambar 3.22 didapatkan bahwa nilai dari VSWR pada frekuensi kerja 3 GHz, yaitu sebesar 1.158. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kinerja dari antena yang digunakan cukup baik.

### 3.7 Pengukuran Losses Kabel

Penelitian ini menggunakan dua buah kabel RG58 yang terhubung pada konektor sma antena *transmitter* dan *receiver* dengan panjang masing-masing sebesar 10m.

Kabel yang digunakan terdiri dari dua buah untuk antena *transmitter* yang berada pada tubuh pasien dan antena *receiver* yang ada pada dinding ruangan. Kabel yang digunakan memiliki panjang masing-masing sebesar 10m, sehingga total panjang kabel yang digunakan sebesar 20 m. Merk kabel yang digunakan adalah Digitalpro. Pengukuran kabel dilakukan dengan mencari parameter S21 dimana pada VNA port 1 dan port 2 terhubung kabel yang sama.

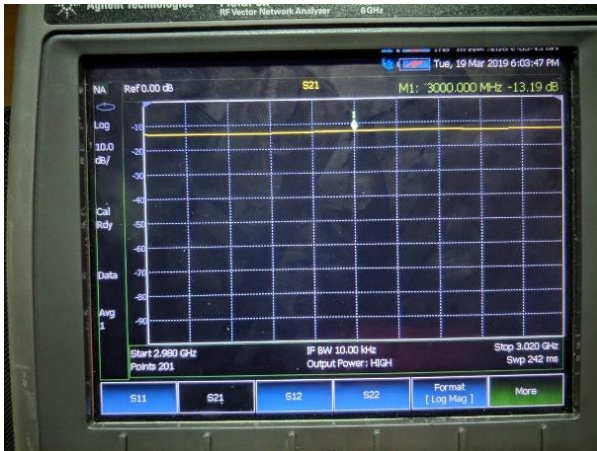


**Gambar 3.23** Ilustrasi Pengukuran Kabel

Pengukuran *losses* kabel 1 pada frekuensi 3GHz didapatkan sebesar -14.47 dB yang mana hasil pengukuran *losses* dari kabel ini nantinya akan ditambah dengan yang dimiliki kabel 2.



**Gambar 3.24** Pengukuran Kabel 1 dengan VNA



**Gambar 3.25** Pengukuran Kabel 2 dengan VNA

Pengukuran losses kabel ke dua sebesar  $-13.19$  dB, sehingga total nilai dari *losses* kabel yang digunakan adalah sebesar  $-27.66$  dB. Setelah *losses* dari kabel 1 dan 2 dijumlah maka dilakukan pengurangan terhadap respon kanal yang dihasilkan untuk menghilangkan efek kabel.



## **BAB 4**

### **ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Fenomena Propagasi Gelombang**

Pengukuran dilakukan di dalam ruangan B 305 Teknik Elektro ITS. Dari data yang diamati, terlihat bahwa nilai dari respon masing-masing kanal sangat bervariasi. Hal ini disebabkan dari faktor *environment* pada ruangan B305. Pada ruangan B305 terdapat objek yang menyebabkan sinyal dari antena *transmitter* yang dipasang di tubuh pasien terpantul dan memiliki banyak lintasan propagasi sebelum sampai ke antena *receiver* yang berada pada dinding ruangan atau disebut sebagai fenomena *multipath propagation* atau lintasan jamak. *Multipath* atau lintasan jamak menyebabkan sinyal yang diterima memiliki nilai daya dan delay yang berbeda-beda. Objek pantul yang terdapat pada ruangan B305, diantaranya lemari besi, meja kayu yang dilapisi kaca, dan dinding ruangan.

Saat pengukuran dengan orientasi badan terlentang atau menghadap kanan, antena Tx yang berada pada tubuh pasien dan antena Rx yang berada pada dinding ruangan saling berhadapan dan dalam keadaan LOS (*line of sight*), sedangkan saat orientasi badan menghadap kiri, antena Tx yang berada pada tubuh pasien tidak saling berhadapan dengan antena Rx yang ada pada dinding ruangan, sehingga nilai respon kanal saat orientasi badan ini memiliki nilai yang kurang baik dibandingkan saat orientasi badan terlentang dan menghadap kanan.

Dari lima data yang diukur untuk masing-masing skenario, *multipath* menyebabkan nilai respon kanal yang diukur memiliki nilai magnitudo yang bervariasi, karena hal ini maka diperlukan karakterisasi dari komunikasi *wireless body area network* pada dalam ruangan.

#### **4.2 Statistik Respon Kanal**

Pengukuran untuk masing-masing channel yang ada pada tabel 3.1 dilakukan masing-masing sebanyak lima kali. Selanjutnya, data diolah dengan parameter statistik, yaitu rata-rata, varians, standard deviasi, dan *cumulative distribution function*.

Nilai dari parameter  $S_{21}$  yang terukur dikurangkan dengan nilai dari pengukuran kabel yang telah dilakukan. Hal ini dilakukan untuk mengurangi efek kabel. Saat mengolah nilai rata-rata, magnitudo yang diperoleh atau terukur dalam besaran dB diubah ke dalam bentuk linear lalu diproses dengan persamaan 2.23 atau bisa juga menggunakan matlab



**Gambar 4.1** Proses Pengolahan Data Rata-Rata

dan selanjutnya diubah kembali dalam besaran dB. Selanjutnya, varians dapat dicari menggunakan persamaan 2.24, standard deviasi dapat digunakan persamaan 2.25 atau dengan mengakarkan kuadrat nilai varians yang telah didapat, dan *cumulative distribution function* dapat digunakan persamaan 2.26 atau dengan bantuan *software* matlab. Pada penelitian ini, pengolahan data rata-rata, varians, standard deviasi, dan *cumulative distribution function* menggunakan bantuan *software* matlab. Hasil dari pengukuran masing-masing skenario yang sudah dinamakan sebagai *channel* 1 sampai dengan *channel* 9 didapatkan rata-ratanya dari jumlah sampel sebanyak lima sampel dari masing-masing *channel*, tabel rata-rata magnitudo *channel* 1 sampai dengan *channel* 9 ditunjukkan pada tabel 4.1. Nilai rata-rata yang terdapat pada tabel 4.1 merupakan hasil akhir dari nilai respon kanal setelah dikurangi *losses* kabel sesuai dengan diagram pada gambar 4.1.

**Tabel 4.1** Tabel rata-rata magnitudo dari tiap channel

| <b>Channel</b>   | <b>Rata-Rata Magnitudo (dB)</b> |
|------------------|---------------------------------|
| <i>Channel</i> 1 | -47.9643                        |
| <i>Channel</i> 2 | -52.2417                        |
| <i>Channel</i> 3 | -52.6169                        |
| <i>Channel</i> 4 | -55.1806                        |
| <i>Channel</i> 5 | -51.3809                        |
| <i>Channel</i> 6 | -51.3067                        |
| <i>Channel</i> 7 | -51.4904                        |
| <i>Channel</i> 8 | -49.2205                        |
| <i>Channel</i> 9 | -50.4084                        |

**Tabel 4.2** Tabel parameter statistik berdasarkan orientasi badan

| <b>Orientasi Badan</b> | <b>Rata-Rata (dB)</b> | <b>Varians</b> | <b>Standard Deviasi</b> |
|------------------------|-----------------------|----------------|-------------------------|
| Badan Terlentang       | -50.6034              | 43.6082        | 6.6036                  |
| Badan Menghadap Kanan  | -50.7554              | 41.6829        | 6.4562                  |
| Badan Menghadap Kiri   | -51.3513              | 20.5131        | 4.5291                  |

Berdasarkan hasil rata-rata dari pengukuran tiap *channel* atau skenario yang berbeda, didapatkan sinyal yang paling baik terdapat pada *channel* 1, yang mana skenarionya adalah orientasi badan terlentang dengan posisi antena pada tangan kanan.

Selanjutnya, pengukuran skenario dibagi dalam dua klasifikasi, yaitu berdasarkan orientasi badan saat tidur atau berbaring dan variasi posisi antena yang dipasang pada tubuh pasien. Pertimbangan dalam pembuatan sintesis pada subbab selanjutnya adalah berdasarkan dua klasifikasi ini. Pada ke dua klasifikasi ini, pengolahan data yang dilakukan berupa rata-rata, varians, standard deviasi, dan *cumulative distribution function*.

Pertama, akan dibahas hasil pengukuran berdasarkan orientasi badan. Orientasi badan pada pengukuran ini, diantaranya adalah badan terlentang, badan menghadap kanan, dan badan menghadap kiri. Pengolahan data pada pengukuran ini, yaitu dengan posisi antena yang bervariasi dari tiap orientasi badan, sebagai contoh saat pengukuran orientasi badan terlentang terdapat perubahan posisi antena Tx, yaitu pada dada, tangan kanan, dan tangan kiri. Setelah data yang telah dikelompokkan diolah dengan parameter-parameter statistik yang telah ditentukan, yaitu rata-rata, varians, standard deviasi, dan *cumulative distribution function*. Pada pengolahan data berdasarkan orientasi badan yang lainnya juga diterapkan hal yang sama.

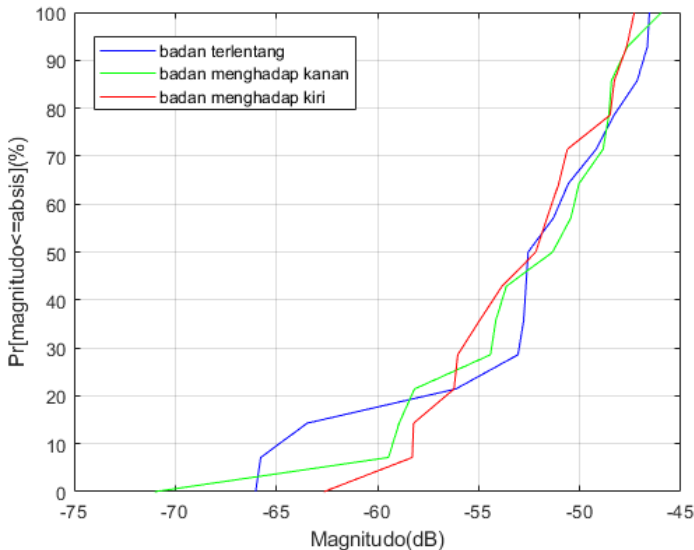
Hasil pengolahan data berdasarkan tabel 4.2 menunjukkan bahwa, berdasarkan orientasi badan saat pasien tidur atau berbaring didapatkan sinyal paling baik, yaitu saat orientasi badan pasien terlentang dengan magnitudo sebesar -50.6034 dB, tetapi sinyal yang diterima memiliki varians dan standard deviasi yang lebih besar dibandingkan dengan saat badan menghadap kanan dan kiri. Hal ini dapat dikarenakan lintasan propagasi yang ditempuh saat badan terlentang memiliki lintasan yang

lebih banyak dengan magnitudo yang melebar dari nilai rata-rata dibandingkan dengan saat badan menghadap kanan dan kiri.

Hasil pengolahan data untuk *cumulative distribution function* menggunakan *software* matlab, sehingga didapat plot kurva yang disajikan pada gambar 4.1.

Pada gambar 4.2 dapat dilihat hasil penyebaran data dari plot kurva *cumulative distribution function*. CDF merepresentasikan jumlah probabilitas sampai pada event yang dituju, biasanya nilai CDF semakin mendekati nilai satu atau seratus persen menunjukkan bahwa kemungkinan terjadinya suatu event semakin kecil atau kepadatan dari data tersebut semakin berkurang.

Selanjutnya, akan dibahas hasil pengukuran berdasarkan posisi antenna. Antena *microstrip rectangular patch* dipasang pada tubuh pasien di tiga titik, di antaranya adalah dada, tangan kanan, dan tangan kiri.



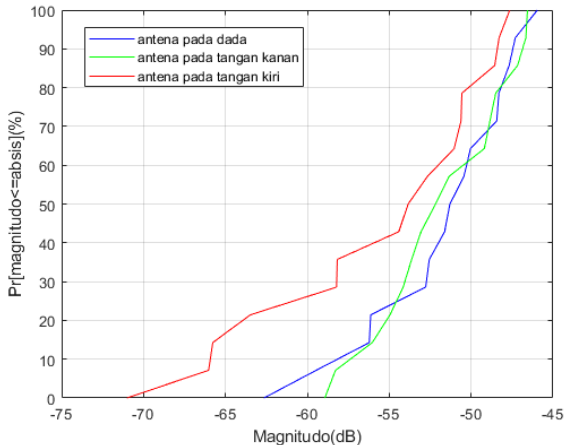
**Gambar 4.2** Plot Kurva CDF Berdasarkan Orientasi Badan

**Tabel 4.3** Tabel parameter statistik berdasarkan posisi antenna

| Posisi Antena | Rata-Rata (dB) | Varians | Standard Deviasi |
|---------------|----------------|---------|------------------|
| Dada          | -50.2743       | 22.5188 | 4.7454           |
| Tangan Kanan  | -50.3902       | 16.6366 | 4.0788           |
| Tangan Kiri   | -52.2886       | 55.2167 | 7.4308           |

Pada tabel 4.3 berdasarkan penempatan posisi antenna pada tubuh pasien didapatkan bahwa sinyal yang paling baik terukur saat posisi antenna di dada dengan nilai rata-rata dari parameter S21 sebesar -50.2743 dB. Nilai varians tertinggi didapatkan pada saat posisi antenna di tangan kiri, yaitu sebesar 55.2167. Hal ini menandakan bahwa perubahan nilai data terjadi paling fluktuatif pada posisi antenna di tangan kiri. Nilai standard deviasi tertinggi juga terukur pada posisi antenna di tangan kiri, yaitu sebesar 7.4308. Standard deviasi yang tinggi menandakan bahwa data semakin jauh atau semakin menyimpang dari nilai rata-rata.

Pengolahan *cumulative distribution function* pada klasifikasi pengukuran berdasarkan posisi antenna dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* matlab. Plot kurva dari *cumulative distribution function* berdasarkan posisi antenna diberikan pada gambar 4.3.



**Gambar 4.3** Plot Kurva CDF Berdasarkan Posisi Antena

Berdasarkan klasifikasi pengukuran berdasarkan orientasi badan dan penempatan posisi antena pada tubuh pasien, nilai sinyal yang paling baik didapatkan saat pada posisi antena di dada dan orientasi tubuh dalam keadaan terlentang. Hal ini dikarenakan pola radiasi antena yang *directional* dengan main lobe mengarah ke arah 40 derajat, sehingga didapatkan nilai respon kanal yang paling baik pada skenario ini. Di sisi lain, nilai yang kurang baik terdapat pada saat posisi antena dipasang di tangan kiri dan orientasi tubuh menghadap kiri.

### 4.3 Sintesis

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan antena *microstrip rectangular patch* yang memiliki bentuk ringkas sehingga dapat memudahkan mobilitas dan dapat digunakan sebagai media transmisi sinyal pada sistem komunikasi *wireless body area network*. Sebelum dilakukan fabrikasi antena dilakukan simulasi dengan menentukan parameter-parameter yang dapat memengaruhi kinerja antena, seperti *return loss*, *voltage standing wave ratio*, dan pola radiasi. Parameter-parameter tersebut harus memenuhi beberapa kriteria agar memiliki kinerja yang baik, seperti untuk menentukan frekuensi kerja antena dilakukan pengukuran *return loss* pada parameter S11 dan dilihat magnitudo yang paling kecil atau lebih kecil dari -10 dB yang berarti pada frekuensi tersebut antena memiliki nilai *return loss* yang kecil dan dapat dijadikan pertimbangan sebagai frekuensi kerja. VSWR yang terukur sudah memiliki nilai yang memenuhi kriteria yang mana kriteria nilai VSWR yang baik adalah dibawah 2 dan didapatkan VSWR pada antena yang digunakan pada pengukuran adalah sebesar 1.158. Pola radiasi yang dimiliki dari antena yang digunakan pada penelitian WBAN ini adalah *directional* dengan main lobe mengarah ke arah 40 derajat dari arah *broadside*. Simulasi menggunakan CST *Studio Suite*.

Proses pengukuran respon kanal dilakukan dengan menggunakan instrumen pengukuran VNA Agilent N9923A dan dilakukan pengukuran dengan sembilan macam kanal dengan berbagai skenario saat pasien tidur pada sebuah ruangan ICU. Skenario pasien tidur didasarkan atas dua pertimbangan yaitu berdasarkan orientasi badan dan penempatan posisi antena yang dipasang pada tubuh pasien. Pada orientasi badan, pasien tidur dalam keadaan terlentang, menghadap kanan, dan menghadap kiri. Penempatan antena pada tubuh pasien dilakukan di tiga titik, di antaranya adalah di dada, tangan kanan, dan tangan kiri. Antena penerima dipasang

pada ruangan yang sama dengan antenna pemancar yang dipasang pada tubuh pasien.

Data yang didapatkan dari pengukuran, kemudian diolah dengan parameter-parameter statistik, di antaranya adalah rata-rata, varians, standard deviasi, dan *cumulative distribution function*. Nilai rata-rata dari magnitudo diolah dengan cara data yang didapatkan terukur dalam dB diubah terlebih dahulu menjadi besaran linear lalu dirata-ratakan, selanjutnya dikembalikan dalam besaran dB. Untuk memudahkan pengolahan data, semua pengolahan data menggunakan bantuan aplikasi matlab.

Berdasarkan data yang didapatkan, hasil magnitudo dari pengukuran respon kanal didapatkan nilai yang paling baik adalah saat pasien dalam keadaan orientasi badan terlentang dan posisi antenna pada dada. Tentu, hal ini, dapat diterapkan dalam keadaan sebenarnya dengan mempertimbangkan kenyamanan posisi tidur pasien yang normalnya pasien tidur dalam posisi terlentang. Sehingga, yang perlu disesuaikan adalah pola radiasi antenanya yang harus dibuat mengarah ke arah antenna penerima, sehingga sinyal yang diterima dapat lebih baik pada antenna penerima atau *data collector device*.

*Lembar ini sengaja dikosongkan*



## **BAB 5**

### **PENUTUP**

Setelah melakukan pengambilan data dan melakukan analisis data dari hasil simulasi dan pengukuran, maka dapat ditarik kesimpulan terkait karakterisasi kanal dalam aplikasi *wireless body area network* pada penelitian ini dan diberikan saran yang dapat digunakan untuk pengembangan dan penelitian diwaktu yang akan datang.

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil dari pemodelan kanal *wireless body area network* sebagai berikut:

1. Pemodelan kanal yang dirancang memiliki nilai magnitudo yang bervariasi dan dipengaruhi oleh faktor lingkungan di dalam ruangan, seperti terdapat objek pantul yang bisa menyebabkan adanya dan bertambahnya lintasan jamak propagasi atau *multipath propagation*.
2. Nilai respon kanal yang terukur untuk masing-masing *channel* yang didapatkan paling baik terdapat pada pengukuran *channel* 1 sebesar -47.9643 dB dengan skenario orientasi badan terlentang dan posisi antena berada pada tangan kanan.
3. Pembuatan sintesis didasarkan pada dua klasifikasi pengukuran yaitu kelompok data berdasarkan perubahan orientasi badan dan kelompok data berdasarkan perubahan posisi antena yang dipasang pada tubuh pasien.
4. Berdasarkan klasifikasi orientasi didapatkan nilai respon kanal yang paling baik, yaitu pada saat orientasi badan pasien terlentang sebesar -50.6034 dB dan posisi antena dipasang di dada sebesar -50.2743 dB.
5. Antena yang digunakan memiliki pola radiasi *directional* dan pola radiasi antena berperan pada sinyal yang akan diterima, dimana sinyal akan diterima paling baik apabila main lobe mengarah ke antena penerima.
6. Penelitian ini memberikan rekomendasi pemodelan kanal yang optimal adalah saat pasien dalam posisi terlentang dengan pola radiasi antena menyesuaikan dengan posisi atau pola radiasi yang dimiliki antena penerima.

#### **5.2 Saran**

Saran untuk penelitian *wireless body area network* selanjutnya:

1. Digunakan model antena lain untuk media transmisinya. Pada antena *microstrip patch* dapat digunakan bentuk yang berbeda.
2. Digunakan sensor yang sesuai berdasarkan penempatan lokasi titik diagnosis pada pasien.
3. *Wireless body area network* diintegrasikan dengan modul *internet of things*, sehingga data yang terbaca oleh sensor dapat dimonitoring secara jarak jauh

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Hämäläinen, A. Taparugssanagorn and J. Iinatti, "On the WBAN radio channel modelling for medical applications," *Proceedings of the 5th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP)*, Rome, 2011, pp. 2967-2971.
- [2] H. Viittala, M. Hamalainen, J. Iinatti and A. Taparugssanagorn, "Different experimental WBAN channel models and IEEE802.15.6 models: Comparison and effects," *2009 2nd International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies*, Bratislava, 2009, pp. 1-5.
- [3] I. C. Triaji, G. Hendranto, P. Handayani, "Statistik Respon Kanal Radio Dalam Ruang Pada Frekuensi 2,6 GHz", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2010.
- [4] K. P. Kartika, G. Hendranto, A. Mauludiyanto, "Pathloss Modelling Based on Measurement at 3GHz for on Body Area Network Application", 905-910. 10.1109/ICOIACT.2018.8350667. 2018.
- [5] Rasyidin Nazmi, Hendranto Gamantyo, Setijadi Eko, "Rancang Bangun Antena Microstrip Array untuk Sistem Radar Berbasis *Software Defined Radio*", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [6] Downey Allen B., "Think Stats, Second Edition", United States of America: O'Reilly Media, Inc. 2014.
- [7] Ludwig Reinhold, Bretchko Pavel "RF Circuit Design Theory and Application", Prentice-Hall, Inc., 2000.
- [8] Stutzman Warren L., Thiele Gary A., "Antenna Theory and Design, Third Edition", Wiley, 2012.
- [9] V. Niemelä, M. Hämäläinen, J. Iinatti and A. Taparugssanagorn, "P-rake receivers in different measured WBAN hospital channels," *2011 5th International Symposium on Medical Information and Communication Technology*, Montreux, 2011, pp. 42-46.
- [10] H. Sun, Z. Zhang, R. Q. Hu and Y. Qian, "Wearable Communications in 5G: Challenges and Enabling Technologies," in *IEEE Vehicular Technology Magazine*, vol. 13, no. 3, pp. 100-109, Sept. 2018.
- [11] H. B. Lim, D. Baumann and E. Li, "A Human Body Model for Efficient Numerical Characterization of UWB Signal Propagation

- in Wireless Body Area Networks," in *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 58, no. 3, pp. 689-697, March 2011.
- [12] K. S. Kwak, S. Ullah and N. Ullah, "An overview of IEEE 802.15.6 standard," *2010 3rd International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies (ISABEL 2010)*, Rome, 2010, pp. 1-6.
- [13] M. Ghamari, B. Janko, R. Sherratt, W. Harwin, R. Piechockic, and C. Soltanpur, "A Survey on Wireless Body Area Networks for eHealthcare Systems in Residential Environments," *Sensors*, vol. 16, no. 6, p. 831, Jun. 2016

# LAMPIRAN

## Lembar Pengesahan Proposal

Departemen Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Elektro – ITS

EE184801 TUGAS AKHIR – 6 SKS

Nama Mahasiswa : Mohammad Ariza Fardhiyansyah  
NRP : 07111540000153  
Bidang Studi : Telekomunikasi Multimedia  
Tugas Diberikan : Semester Genap Tahun 2018/2019  
Dosen Pembimbing : 1. Prof. Ir. Gamantyo Hendratoro, M.Eng., Ph.D  
2. Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

12 FEB 2019

Judul Tugas Akhir : **Pengukuran dan Karakterisasi Kanal Propagasi Radio untuk Aplikasi Wireless Body Area Network dari Tubuh Pasien ke Data Collector Device di ICU Rumah Sakit**  
*(Measurement and Characterization of Radio Propagation Channel for Wireless Body Area Network Application from Patient Body to Data Collector Device in Hospital's ICU)*

### Uraian Tugas Akhir :

Pengembangan teknologi saat ini membawa potensi besar pada terwujudnya *smart health* dimana hal ini terkait peningkatan infrastruktur pada layanan kesehatan khususnya di rumah sakit. Penanganan-penanganan yang dibutuhkan pasien di rumah sakit pun berbeda-beda, salah satu kondisinya yaitu pasien yang membutuhkan penanganan khusus secara intensif dan dirawat di ICU (*Intensive Care Unit*). Namun, nyatanya pada ICU pun belum ada sistem yang dapat memonitoring pasien secara *real-time*, sehingga keterlambatan penindakan atau penanganan masih sangat mungkin terjadi. Pada ICU dimungkinkan untuk diterapkan sistem komunikasi dengan menggunakan komunikasi secara D2D (*Device-to-Device*) dengan konfigurasi tiap pasien mengirimkan sinyal informasi ke suatu *device data collector* secara *Wireless Body Area Network* yang selanjutnya *device data collector* ini terhubung dengan *nurse station* atau ruang pusat untuk *monitoring* pasien, sehingga pasien dapat terpantau secara *real-time* dari jarak jauh.

Pada penelitian ini sebuah ruangan akan dimodelkan menjadi seperti sebuah ruangan ICU dan selanjutnya akan dilakukan pengukuran magnitudo dan fasa di dalam ruangan dari tubuh pasien ke sebuah *receiver* pengumpul data yang terdapat pada satu ruangan juga dengan menggunakan *Network Analyzer*. Sinyal yang dikirim oleh *transmitter* dan diterima oleh *receiver* memiliki nilai daya yang berbeda dan delay yang bervariasi pula, maka dari itu perlu didapatkan nilai respon dari kanal propagasi yang dihasilkan. Antena mikrostrip digunakan sebagai *transmitter* pada tubuh pasien dan sebagai *receiver* yang terdapat pada satu ruangan dan selanjutnya didapatkan karakteristik kanal radionya.

**Kata kunci** : *body area network, device-to-device, ICU, karakterisasi kanal, rumah sakit*

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

Prof. Ir. Gamantyo Hendratoro, M.Eng., Ph.D  
NIP. 197011111993031002

Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.  
NIP. 196109031989031001



Mengesahkan,  
Ketua Program Studi S1

Menyetujui,  
Kepala Laboratorium Antena dan Propagasi

Prof. Ir. Riawan, ST, M.Eng., Ph.D  
NIP. 197311192000031001

Prof. Ir. Gamantyo Hendratoro, M.Eng., Ph.D  
NIP. 197011111993031002

### Syntax matlab untuk plot cdf berdasarkan orientasi badan:

```
cd=linspace(0,100,15);
magnitudoatas=[-47.162 -46.558 -49.193 -46.655 -53.054 -66.023
-52.661 -65.772 -50.562 -63.479 -52.551 -48.303 -56.129 -51.295
-52.772];
magnitudosort1=sort(magnitudoatas);
magnitudokanan=[-48.848 -51.341 -53.629 -58.931 -54.149 -
58.170 -71.009 -48.558 -47.638 -54.414 -59.455 -45.953 -50.034 -
50.437 -48.434];
magnitudosort2=sort(magnitudokanan);
magnitudokiri=[-54.952 -48.498 -52.172 -56.031 -58.278 -50.617 -
58.216 -48.291 -53.844 -51.033 -51.617 -62.646 -56.214 -47.299 -
47.678];
magnitudosort3=sort(magnitudokiri);
plot(magnitudosort1,cd,'b',magnitudosort2,cd,'g',magnitudosort3
,cd,'r'); grid on;
xlabel('Magnitudo(dB)');ylabel('Pr[magnitudo<=absis](%)');
legend('badan terlentang','badan mnghadap kanan','badan
menghadap kiri');
```

### Syntax matlab untuk plot cdf berdasarkan posisi antena:

```
cd=linspace(0,100,15);
magnitudodada=[-52.551 -48.303 -56.129 -51.295 -52.772 -59.455
-45.953 -50.034 -50.437 -48.434 -51.617 -62.646 -56.214 -47.299
-47.678];
magnitudosort4=sort(magnitudodada);
magnitudotkanan=[-47.162 -46.558 -49.193 -46.655 -53.054 -
48.848 -51.341 -53.629 -58.931 -54.149 -54.952 -48.498 -52.172 -
56.031 -58.278];
magnitudosort5=sort(magnitudotkanan);
magnitudotkiri=[-66.023 -52.661 -65.772 -50.562 -63.479 -58.170
-71.009 -48.558 -47.638 -54.414 -50.617 -58.216 -48.291 -53.844
-51.033];
magnitudosort6=sort(magnitudotkiri);
plot(magnitudosort4,cd,'b',magnitudosort5,cd,'g',magnitudosort6
,cd,'r'); grid on;
xlabel('Magnitudo(dB)');ylabel('Pr[magnitudo<=absis](%)');
```

legend('antena pada dada','antena pada tangan kanan','antena pada tangan kiri');

Data pengukuran dengan VNA:

| Skenario Tangan Kanan Badan Menghadap Atas  |              |
|---|--------------|
| Magnitudo                                   | Fasa         |
| -74.82285839                                | -96.76853018 |
| -74.21838988                                | 110.2467152  |
| -76.85333922                                | -74.8240171  |
| -74.31537                                   | 175.2145788  |
| -80.71466544                                | -146.2185456 |
| Skenario Tangan Kanan Badan Menghadap Kanan |              |
| Magnitudo                                   | Fasa         |
| -76.50854776                                | 109.9883529  |
| -79.00118027                                | 109.773412   |
| -81.28989239                                | 136.7544128  |
| -86.59172697                                | 173.9681305  |
| -81.80907706                                | -46.49472956 |
| Skenario Tangan Kanan Badan Menghadap Kiri  |              |
| Magnitudo                                   | Fasa         |
| -82.61274869                                | -158.9636307 |
| -76.15898866                                | -142.7032062 |
| -79.83214761                                | 93.95506089  |
| -83.6913573                                 | 155.8205282  |
| -85.93804651                                | -55.06309343 |

| Skenario Tangan Kiri Badan Menghadap Atas  |              |
|--|--------------|
| Magnitudo                                  | Fasa         |
| -93.68382                                  | 37.13677216  |
| -80.32148321                               | -22.10991878 |
| -93.43293408                               | -83.63926325 |
| -78.22218059                               | 46.13991521  |
| -91.13924704                               | 121.605043   |
|  |              |
| Skenario Tangan Kiri Badan Menghadap Kanan |              |
| Magnitudo                                  | Fasa         |
| -85.8301679                                | -104.9700836 |
| -98.66984372                               | 10.26058991  |
| -76.21840511                               | 144.6461569  |
| -75.29893522                               | 122.3812683  |
| -82.07460364                               | -142.0724986 |
|  |              |
| Skenario Tangan Kiri Badan Menghadap Kiri  |              |
| Magnitudo                                  | Fasa         |
| -78.27797219                               | 110.8730645  |
| -85.87668837                               | -63.23850379 |
| -75.95172459                               | 116.9587989  |
| -81.50465126                               | -35.88930469 |
| -78.69388982                               | 55.90820548  |



| Skenario Dada Badan Menghadap Atas  |              |
|-------------------------------------|--------------|
| Magnitudo                           | Fasa         |
| -80.21141779                        | -84.9759654  |
| -75.9638417                         | -40.78222387 |
| -83.78959648                        | 156.8312694  |
| -78.95557732                        | 49.22508118  |
| -80.43236244                        | 179.025394   |
| Skenario Dada Badan Menghadap Kanan |              |
| Magnitudo                           | Fasa         |
| -87.11558982                        | -40.58846586 |
| -73.61330655                        | 150.8900325  |
| -77.69430395                        | -146.512634  |
| -78.0972043                         | -124.1156517 |
| -76.09407465                        | -174.7586746 |
| Skenario Dada Badan Menghadap Kiri  |              |
| Magnitudo                           | Fasa         |
| -79.27759227                        | 161.1403635  |
| -90.3064582                         | 152.2089336  |
| -83.87417209                        | -142.4940622 |
| -74.95991999                        | 150.0786846  |
| -75.3389019                         | -139.9661034 |

*Lembar ini sengaja dikosongkan*

## **BIOGRAFI PENULIS**



Mohammad Ariza Fardhiyansyah adalah seorang mahasiswa Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember angkatan 2015. Ia lahir di Bandung pada tanggal 8 Mei tahun 1996. Selama di perkuliahan ia aktif dalam beberapa kegiatan kemahasiswaan baik di lingkaran jurusan maupun di luar lingkaran jurusan.