

# 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, Gamantyo Hendranto, dan Achmad Mauludiyanto  
Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro,  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
E-mail: ariza.fard@gmail.com, gamantyo@ee.its.ac.id, maulud@ee.its.ac.id

**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**—Karakterisasi Kanal, Multipath, Rumah Sakit, Wireless Body Area Network

## I. PENDAHULUAN

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. BAN dapat diterapkan komunikasi secara *wireless* yang selanjutnya disebut dengan WBAN (*Wireless Body Area Network*)[1].

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][1].

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.

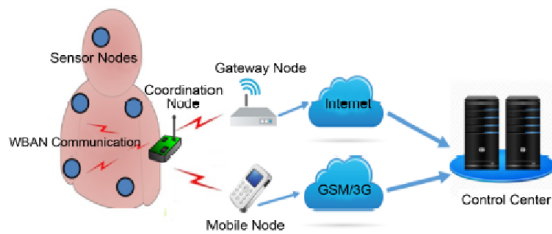
Dalam penelitian ini akan didapatkan respon kanal WBAN dalam ruangan *indoor* dengan memerhatikan faktor-faktor yang memengaruhi perhitungan propagasi yang disebabkan oleh tubuh dan *indoor environment* atau objek-objek yang berada di dalam ruangan. Selanjutnya, didapatkan sintesis dari hasil pengukuran 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.

## II. URAIAN PENELITIAN

### A. 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*[3].

Sebuah jaringan BAN dapat memonitor parameter fisiologis dengan bantuan sensor, mendeteksi lebih dini perubahan parameter fisiologis, dan menyampaikan



Gambar 1. Arsitektur jaringan WBAN [7]

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[1].

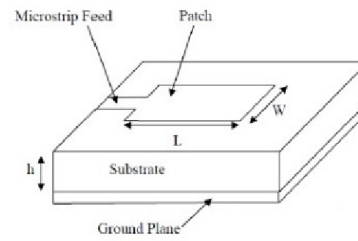
Hadirnya protokol WBAN sangat membantu tenaga medis dalam melakukan diagnosis dan perawatan yang lebih cepat dan tepat karena dapat dilakukan secara *real time* dan jarak jauh. WBAN dimanfaatkan untuk *monitoring* secara *real time*, oleh karena itu diperlukan latency kecil dan data rate yang tinggi. 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[4].

**B. 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 pada satu node lalu dikirim pada sebuah gateway jaringan dan dianalisis pada sebuah *monitoring platform* atau control center[2]. Arsitektur WBAN ditunjukkan pada gambar 1.

**C. Antena Microstrip Patch**

Antena merupakan perangkat yang dapat mengirimkan atau menerima sinyal elektromagnetik baik pada medium udara maupun ruang bebas. 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 ditunjukkan pada gambar 2. 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].



Gambar 2. Antena mikrostrip patch

**D. 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].

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 (1)[6].

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \tag{1}$$

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

Varians digunakan untuk mengetahui penyimpangan dari suatu objek pengamatan. Varians merepresentasikan bagaimana berpecahnya suatu data kuantitatif dan dapat ditentukan melalui persamaan (2)[6].

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

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

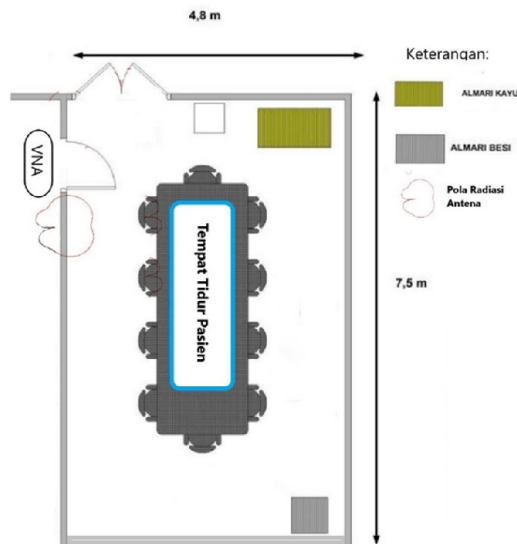
Standar deviasi merupakan metode yang digunakan untuk menentukan bagaimana sebaran data dalam suatu objek pengamatan dan seberapa dekat titik data suatu data ke rata-rata. Standar deviasi dapat ditentukan dari persamaan (3)[6].

$$\text{std} = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n(n-1)}} \tag{3}$$

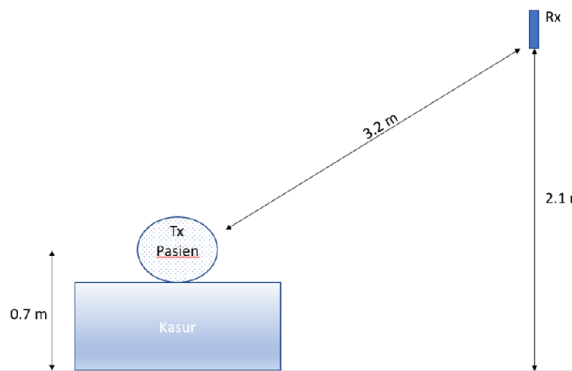
dimana,  
 std : standard deviasi,  
 $x_i$  : nilai sampel ke-i,  
 $\bar{x}$  : rata-rata hitung,  
 $n$  : jumlah sampel.

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

*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. *Cummulative distribution function* dinyatakan sebagai jumlah dari seluruh nilai fungsi probabilitas yang lebih kecil



Gambar 3. Denah ruangan



Gambar 4. Konfigurasi pengukuran

atau sama dengan suatu nilai yang ditetapkan, dan dinyatakan oleh persamaan (4)[6].

$$F(x) = P(X \leq x) = P(X = x_1) + P(X = x_2) + \dots + P(X = x_n) \quad (4)$$

dimana,

$F(x)$  : cumulative distribution function,

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

### III. DESAIN SIMULASI DAN ANALISIS DATA

#### A. Perancangan Ruang

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 dan gambar 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.

#### B. Skenario Pengukuran

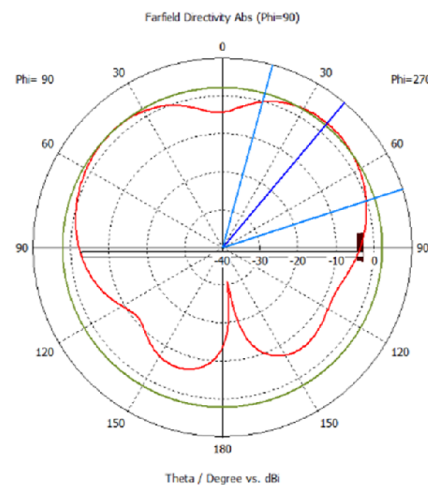
Pada penelitian ini dilakukan pengukuran dengan skenario pasien sedang berbaring di tempat tidur dan dibuat relevan dengan kondisi sebenarnya pada ICU di rumah sakit.

Tabel 1. Tabel Penamaan Skenario

Posisi Antena	Orientasi Badan Pasien	Penamaan
Tangan Kanan	Terlentang	Channel 1
	Menghadap Kanan	Channel 2
Dada	Menghadap Kiri	Channel 3
	Terlentang	Channel 4
Tangan Kiri	Menghadap Kanan	Channel 5
	Menghadap Kiri	Channel 6
	Terlentang	Channel 7
	Menghadap Kanan	Channel 8
	Menghadap Kiri	Channel 9

Tabel 2. Tabel parameter antena

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



Gambar 5. Pola Radiasi Antena

Skenario pada pengukuran ini mempertimbangkan posisi pasien saat tidur dan mempertimbangkan orientasi antena *microstrip patch* yang dipasang pada tubuh pasien.

Penamaan dari skenario pada bagian selanjutnya akan mengikuti penamaan pada tabel 1 dimana skenario pengukuran terdiri dari sembilan macam skenario atau akan terdapat sembilan kanal dengan pengukuran untuk masing-masing kanal dilakukan pengulangan sebanyak lima kali.

#### C. Parameter Kinerja Antena

Penelitian ini menggunakan dua buah antena *microstrip rectangular patch* yang identik. Penentuan frekuensi kerja dari antena *microstrip rectangular patch* ini sebesar 3GHz. Penentuan frekuensi kerja 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. Antena *microstrip rectangular patch* yang digunakan memiliki substrat FR4 dengan bahan *patch copper* atau tembaga.



Gambar 6. Alat-alat pengukuran

Antena *microstrip rectangular patch* yang digunakan memiliki parameter-parameter, di antaranya adalah VSWR, pola radiasi, ketebalan konduktor (*copper*), dan ketebalan substrat (FR4). Antena *microstrip patch* yang digunakan merupakan antena *directional* dengan pola radiasi yang ditunjukkan pada gambar 5. Pada gambar 5 didapatkan pola radiasi dengan main lobe mengarah ke 40 derajat dari arah *broadside* dengan magnitudo sebesar 2.81 dBi. Parameter dari antena mikrostrip rectangular patch yang digunakan dapat dilihat pada tabel 2, dimana terdapat frekuensi kerja, spesifikasi antena, dan dimensi dari patch antena yang digunakan yang mana parameter-parameter ini akan memengaruhi kinerja dari antena yang akan digunakan pada pengukuran kanal WBAN.

#### D. Setup Pengukuran

Alat-alat yang digunakan untuk penelitian ini dapat dilihat pada gambar 6. 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  $\Omega$ .

Kemudian kedua antena *microstrip patch rectangular* identik dihubungkan oleh kabel ke VNA. Setelah pemasangan antena 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*

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.



Gambar 7. Proses Pengolahan Data Rata-Rata

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.

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

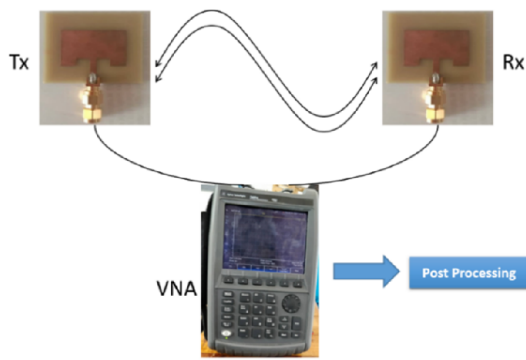
1. Siapkan alat ukur dan peralatan yang digunakan.
2. Menghidupkan *virtual network analyzer* dan menunggu proses *booting virtual network analyzer* dengan kedua port terbuka hingga proses selesai.
3. Sambungkan antena pada port 1 *virtual network analyzer* dan *dummy load* 50 ohm pada port 2.
4. Tekan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

Prosedur pengukuran S21, *bandwidth*, dan *return loss* antena sama untuk kedua antena, 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 antena 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*.

#### E. 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. Untuk



Gambar 8. Diagram Sistem Pengukuran

Tabel 3.

Tabel rata-rata magnitudo dari tiap channel

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

lebih jelasnya dibuat diagram yang ditunjukkan pada gambar 7.

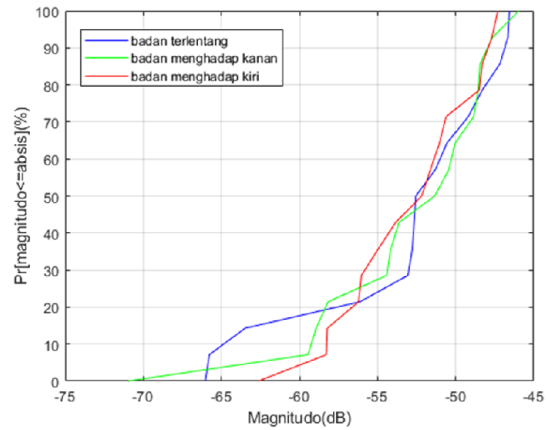
Gambar 8 menunjukkan skema atau diagram dari sistem pengukuran yang akan dilakukan, dimana antenna Tx atau antenna yang terpasang pada tubuh pasien tersambung dengan port 1 pada VNA dan antenna Rx atau antenna sebagai *data collector device* yang dipasang pada dinding ruangan tersambung pada port 2 VNA. Selanjutnya pada VNA dilakukan pengukuran parameter S21 untuk mengetahui respon kanalnya.

F. Hasil Pengukuran Kanal

Nilai dari parameter S21 yang terukur dikurang dengan nilai fungsi transfer kabel. Hal ini dilakukan untuk mengurangi efek kabel dan dikarenakan sistem komunikasi diterapkan secara nirkabel atau *wireless*. 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 3.

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 antenna pada tangan kanan. Selanjutnya, pengukuran skenario dibagi dalam dua klasifikasi, yaitu berdasarkan orientasi badan saat tidur atau berbaring dan variasi posisi antenna 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,



Gambar 9 CDF Berdasarkan Orientasi Badan

Tabel 4.

Tabel parameter statistik berdasarkan orientasi badan

Orientasi Badan	Rata-Rata (dB)	Varians	Standard Deviasi
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

Tabel 5.

Tabel parameter statistik berdasarkan posisi antenna

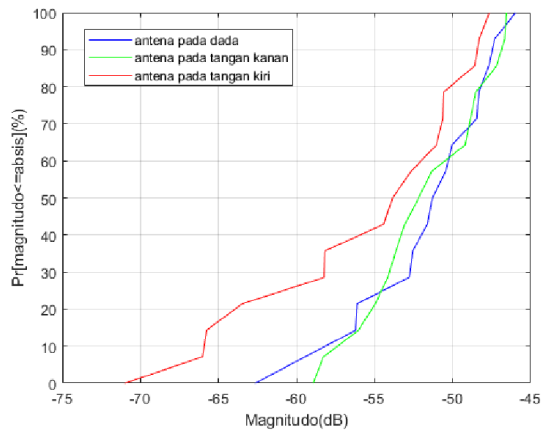
Posisi Antena	Rata-Rata (dB)	Varians	Standard Deviasi
Dada	-50.2743	22.5188	4.7454
Tangan Kanan	-50.3902	16.6366	4.0788
Tangan Kiri	-52.2886	55.2167	7.4308

diantaranya adalah badan terlentang, badan menghadap kanan, dan badan menghadap kiri. Pengolahan data pada pengukuran ini, yaitu dengan posisi antenna yang bervariasi dari tiap orientasi badan, sebagai contoh saat pengukuran orientasi badan terlentang terdapat perubahan posisi antenna 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 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. Pada gambar 9 dapat dilihat hasil penyebaran data dari plot kurva *cumulative distribution function*.

CDF merepresentasikan jumlah probabilitas sampai pada event yang dituju, nilai CDF semakin mendekati nilai satu atau seratus persen menunjukkan bahwa kemungkinan terjadinya suatu event semakin kecil atau kepadatannya dari data tersebut semakin berkurang.





Gambar 10 CDF Berdasarkan Posisi Antena atau Sensor

Berdasarkan penempatan posisi antena di tabel 5, pada tubuh pasien didapatkan bahwa sinyal yang paling baik terukur saat posisi antena di dada dengan nilai rata-rata dari parameter  $S_{21}$  sebesar  $-50.2743$  dB. Nilai varians tertinggi didapatkan pada saat posisi antena di tangan kiri, yaitu sebesar  $55.2167$ . Hal ini menandakan bahwa perubahan nilai data terjadi paling fluktuatif pada posisi antena di tangan kiri. Nilai standard deviasi tertinggi juga terukur pada posisi antena di tangan kiri, yaitu sebesar  $7.4308$ . Standard deviasi yang tinggi menandakan bahwa data semakin jauh atau semakin menyimpang dari nilai rata-rata. Pada gambar 10 CDF dari penempatan posisi antena atau sensor dapat dilihat bahwa penyebaran data untuk posisi antena pada dada memiliki nilai respon kanal yang paling besar.

Berdasarkan klasifikasi pengukuran berdasarkan orientasi badan dan penempatan posisi antena pada tubuh pasien, nilai respon kanal 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.

#### IV. KESIMPULAN

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*.

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.

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.

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.

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.

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.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Sun, Z. Zhang, R. Q. Hu, and Y. Qian, "Wearable communications in 5G: challenges and enabling technologies," *IEEE Veh. Technol. Mag.*, vol. 13, no. 3, pp. 100–109, 2018.
- [2] H. Viitala, M. Hamalainen, J. Iinatti, and A. Taparugssanagorn, "Different experimental WBAN channel models and IEEE802. 15.6 models: Comparison and effects," in *2009 2nd International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies*, 2009, pp. 1–5.
- [3] K. P. Kartika, G. Hendratoro, and A. Mauludiyanto, "Pathloss modeling based on measurement at 3 GHz for on body area network application," in *2018 International Conference on Information and Communications Technology (ICOLACT)*, 2018, pp. 905–910.
- [4] M. Hämäläinen, A. Taparugssanagorn, and J. Iinatti, "On the WBAN radio channel modelling for medical applications," in *Proceedings of the 5th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP)*, 2011, pp. 2967–2971.
- [5] N. Rasyidin, "RANCANG BANGUN ANTENA MICROSTRIP ARRAY UNTUK SISTEM RADAR BERBASIS SOFTWARE DEFINED RADIO," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [6] A. B. Downey, *Think stats: exploratory data analysis*. "O'Reilly Media, Inc.," 2014.
- [7] M. Ghamari, B. Janko, R. S. Sherratt, W. Harwin, R. Piechockic, and C. Soltanpur, "A survey on wireless body area networks for healthcare systems in residential environments," *Sensors*, vol. 16, no. 6, p. 831, 2016.