

# Pemodelan Sistem Radar untuk Analisis Pengaruh Pakaian sebagai *Obstacle* Pendeteksian Pernapasan

AZIZKA AYU DHIYANI <sup>1</sup>, ALOYSIUS ADYA PRAMUDITA <sup>1</sup>, YUYU WAHYU <sup>2</sup>,  
HARFAN HIAN RYANU <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom, Indonesia

<sup>2</sup>Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Indonesia

Email: [azizkadhiyani@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:azizkadhiyani@student.telkomuniversity.ac.id)

Received 15 Agustus 2022 | Revised 20 September 2022 | Accepted 22 September 2022

## ABSTRAK

*Continuous Wave Radar (CW Radar) memiliki banyak aplikasi terutama dalam bidang kesehatan. CW Radar yang bekerja pada rentang frekuensi lebar memiliki keunggulan seperti bandwidth lebar, dan tingkat akurasi yang tinggi sehingga dapat digunakan untuk deteksi pergerakan dinding dada atau perut pada pernapasan. Namun, obstacle berupa pakaian dapat memengaruhi deteksi pernapasan manusia dengan sistem Radar. Pada penelitian ini dianalisis pengaruh pakaian terhadap deteksi pernapasan. Sistem Radar dimodelkan dengan Vector Network Analyzer (VNA), BladeRF, serta MATLAB untuk mengubah domain frekuensi menjadi domain waktu. Percobaan dilakukan pada empat jenis kain dengan jarak objek ke antena yaitu 45 cm. Diperoleh bahwa obstacle memiliki atenuasi kecil dan delay yang tidak signifikan, serta hasil BladeRF menunjukkan pola pernapasan dapat dideteksi. Sehingga disimpulkan bahwa obstacle tidak memengaruhi hasil pendeteksian pernapasan menggunakan sistem Radar.*

**Kata kunci:** CW Radar, deteksi pernapasan, pakaian, VNA, BladeRF.

## ABSTRACT

*Continuous Wave Radar (CW Radar) has many applications, especially in the health sector. CW Radar that works in a wide frequency range has advantages such as wide bandwidth, and a high level of accuracy so that it can be used for detection of chest or abdominal wall movement on breathing. However, obstacles in the form of clothing can affect the detection of human breathing with the Radar system. In this work, the effect of clothing on respiratory detection is analyzed. The Radar system is modeled with Vector Network Analyzer (VNA), BladeRF, and MATLAB to convert the frequency domain to the time domain. The experiment was carried out on four types of fabric with a distance of 45 cm from the object to the antenna. It was found that the obstacle has a small attenuation and insignificant delay, and the BladeRF results show that breathing patterns can be detected. So it is concluded that the obstacle does not affect the results of breathing detection using the Radar system.*

**Keywords:** CW Radar, respiratory detection, clothing, VNA, BladeRF.

## 1. PENDAHULUAN

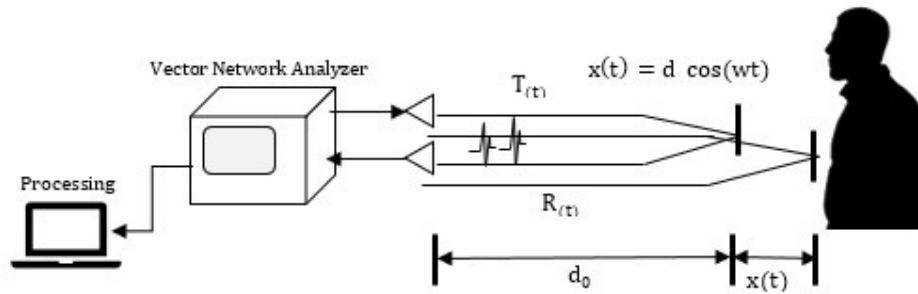
Detak jantung adalah salah satu parameter yang diperlukan untuk memantau kesehatan manusia serta erat kaitannya dengan pernapasan. Saat ini proses pengukuran detak jantung masih menggunakan alat kontak langsung seperti *vital sign monitor* dan *electrodiagraph* (ECG) (Kano, dkk, 2018). Hal tersebut menjadi hambatan bagi pasien penyakit kulit, serta menimbulkan efek psikis bagi pengguna alat medis jangka panjang. Sehingga dibutuhkan alat ukur medis yang tidak membutuhkan kontak langsung dengan penggunanya. Kelebihan dari alat ukur medis tidak kontak langsung yaitu lebih higienis, dapat digunakan oleh pasien penyakit kulit, dan dapat meminimalisir efek psikis. Teknologi yang mendukung alat tersebut yaitu *Radio Detection and Ranging* (Radar).

Radar adalah alat sensor elektromagnetik yang dapat mendeteksi objek pada jarak jauh dan tidak mudah terganggu (Xiong, dkk, 2017). Salah satu aplikasinya yaitu pada bidang medis. *Continuous Wave Radar (CW Radar)* yaitu jenis Radar yang mentransmisikan dan menerima gelombangnya secara bersamaan (Malanowski & Kulpa, 2011). Untuk menciptakan alat tersebut diperlukan *bandwidth* impedansi *Ultra-Wide Band (UWB)* dan sedikit distorsi. Selain itu, diperlukan pula antena yang dapat mendukung rentang frekuensi lebar yaitu antena UWB, karena antena tersebut dapat mendeteksi pergeseran kecil (Alemaryeen, dkk, 2018). Pada penelitian (Liang, dkk, 2019) telah dilakukan analisa terkait kegunaan Radar untuk deteksi pernapasan, percobaan dilakukan dengan menggunakan CW Radar dengan sistem Doppler pada frekuensi kerja 2.4 GHz, dan antena *dipole array* sebagai pendukung sistem Radar tersebut. Selain itu, telah dilakukan penelitian juga terkait pengaruh posisi duduk, berjalan, melompat, dan berlari terhadap keakuratan informasi deteksi pernapasan yang dilakukan oleh Radar pada penelitian (Li, dkk, 2018). Dari kedua penelitian tersebut didapatkan hasil yang baik dan menunjukkan bahwa Radar dapat digunakan untuk mendeteksi pernapasan. Akan tetapi, penelitian sebelumnya tidak menyinggung pengaruh pakaian yang digunakan oleh penggunanya. Penelitian ini menggunakan CW Radar dengan memanfaatkan konsep efek *Doppler*. VNA dan BladeRF digunakan sebagai Radar dikarenakan kinerjanya yang cocok untuk mendeteksi pernapasan. Antena Vivaldi digunakan karena memiliki karakteristik UWB. Selain itu dianalisis pula pengaruh *obstacle* berupa pakaian dengan jenis kain dan ketebalan yang berbeda karena pakaian erat penggunaannya dengan manusia.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Konsep Deteksi Pernapasan Manusia

Ketika manusia melakukan pernapasan dada umumnya akan ada dua pergerakan yang akan terjadi yaitu *inhale* dan *exhale* (Guyton, 1999). Dengan CW Radar maka *transmitter* akan terus menerus mengirimkan sinyal untuk mendeteksi setiap pergerakan pada dinding dada manusia tersebut (Skolnik, 2018) (Yamada, 2022). Pada Gambar 1,  $T(t)$  merupakan sinyal yang dikirim *transmitter* ke objek dan  $R(t)$  adalah sinyal balik dari objek menuju *receiver*,  $d_0$  merupakan jarak deteksi ketika objek *inhale*, dan  $d_0 + x(t)$  merupakan jarak deteksi ketika objek *exhale*. Fungsi  $x(t) = d \cos(\omega t)$  merupakan selisih posisi dinding dada ketika *inhale* dan *exhale*. Dengan  $d$  merupakan amplitudo respirasi dan  $\omega t$  merupakan *respiration rate*. Pemodelan tersebut berada pada domain waktu dengan pergeseran tertentu (Ambarini, dkk, 2018).



**Gambar 1. Skema Pendeteksian Pernapasan menggunakan Sistem CW Radar**

**2.2 Perambatan Gelombang melalui *Obstacle* Bahan Tekstil**

Gelombang yang ditransmisikan dari antenna pada CW Radar untuk mendeteksi gerak pada dinding dada akan melalui *obstacle* yaitu bahan tekstil. Secara umum, tekstil memiliki konstanta dielektrik yang sangat rendah dikarenakan bahannya yang sangat berpori (Salvado, dkk, 2012) (Singh, 2014). Pada prinsipnya apabila gelombang melalui beberapa medium atau *obstacle* maka akan ada gelombang yang dipantulkan dan diteruskan. Dengan adanya *obstacle* maka akan muncul nilai atenuasi yang bisa diketahui apabila didapatkan nilai  $\alpha$ . Untuk mendapatkan nilai  $\alpha$  maka perlu mengetahui nilai konstanta dielektrik ril ( $\epsilon'_r$ ) dan konstanta dielektrik imajiner ( $\epsilon''_r$ ) dengan menggunakan Persamaan (1) dan (2) (White, 2004).

$$\tan \delta = \frac{\epsilon''}{\epsilon'} \tag{1}$$

$$\alpha = \frac{\omega \sqrt{\mu \epsilon'_r}}{\sqrt{2}} \left[ \sqrt{1 + \left(\frac{\epsilon''_r}{\epsilon'_r}\right)^2} - 1 \right]^{\frac{1}{2}} \tag{2}$$

dimana  $\tan \delta$  merupakan parameter *loss tangent* yang menentukan sifat suatu medium. Selain itu  $\alpha$  merupakan nilai ril dari konstanta propagasi dengan satuan Np/m dan  $\omega$  merupakan frekuensi sudut dengan satuan rad/s, dan  $\mu$  merupakan permeabilitas (White, 2004).

**Tabel 1. Tabel Konstanta Dielektrik Bahan Tekstil**

Hasil	Nonconductive Fabric		
	Katun	100% Polyester	Jeans
$\epsilon'_r$	1,60	1,90	1,70
$\tan \delta$	0,0400	0,0045	0,0250

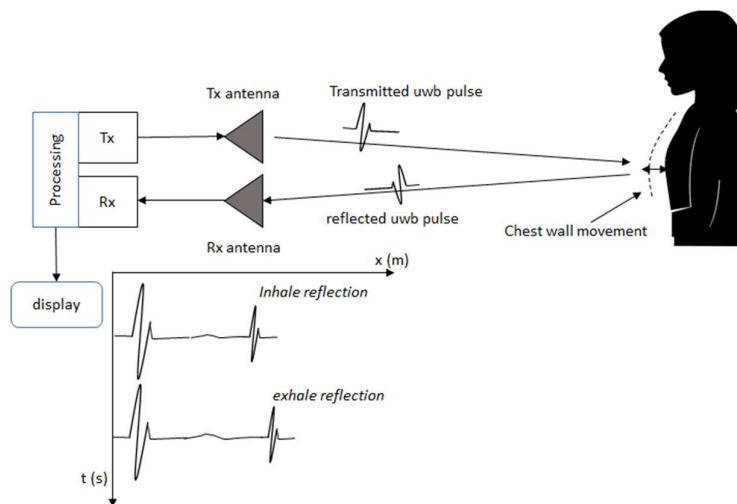
Bahan tekstil sebagai *obstacle* pada penelitian ini yaitu berupa pakaian. Pakaian yang digunakan sebagai *obstacle* adalah pakaian dengan bahan katun, 100% polyester, jeans, dan kulit. Karakteristik dari bahan-bahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 (White, 2004). Karakteristik kulit sendiri akan dilihat pada saat deteksi pola pernapasannya. Nantinya melalui percobaan menggunakan pemodelan sistem Radar VNA akan dihitung total atenuasi dan *delay* yang timbul serta pergeseran yang disebabkan oleh *obstacle*.

Atenuasi adalah pelemahan suatu sinyal yang disebabkan oleh jarak yang ditempuh oleh gelombang ketika menuju objek serta pengaruh *obstacle* pada sistem. Sedangkan *delay* merupakan tunda waktu yang muncul akibat adanya *obstacle* pada sistem pendeteksian dengan Radar, dengan adanya *delay* maka pergeseran dari sinyal dapat dilihat dengan

membandingkan dua kondisi, yaitu ketika tidak terdapat *obstacle* pada sistem deteksi dan ketika terdapat *obstacle*.

### 2.3 Radar UWB

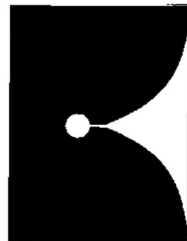
Radar UWB pada standar internasional bekerja pada frekuensi kerja 3,1 GHz hingga 10,6 GHz (Ryan, dkk, 2021). Dengan *bandwidth* yang lebar, didapatkan resolusi tinggi untuk mendeteksi pergerakan pada dinding dada. Prinsip kerja Radar UWB dapat dilihat pada Gambar 2. Pertama, Radar UWB akan mengirimkan pulsa pendek melalui antenna *transmitter* (Tx), setelah itu sinyal akan ditransmisi ke daerah yang diinginkan. Ketika pulsa tersebut mendeteksi sasaran, maka bagian dari energi elektromagnetik akan tercermin dari objek dan dipantulkan kembali oleh antenna *receiver* (Rx). Selanjutnya waktu tunda antara sinyal kirim dan terima merupakan jarak antenna Tx, target, dan antenna Rx (Hung, dkk, 2017). UWB memiliki keunggulan dapat menembus *obstacle*, presisi yang tinggi, radiasi yang rendah, dan konsumsi energi yang rendah, sehingga dinilai cocok pada bidang medis (Pisa, dkk, 2016).



Gambar 2. Prinsip Dasar dari Radar UWB

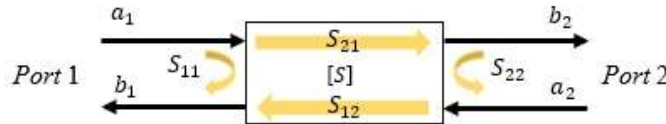
### 2.4 Antena Vivaldi dan VNA

Antena adalah suatu alat atau perangkat yang berfungsi sebagai *transmitter* dan *receiver* gelombang elektromagnetik. Antena Vivaldi sesuai pada Gambar 3, dinilai cocok untuk diaplikasikan dengan CW Radar dan UWB pada pendeteksian pernapasan (Praktika, dkk, 2019). Antena Vivaldi memiliki keunggulan yaitu *bandwidth* lebar dengan rentang 2 GHz sampai 20 GHz, serta polarisasi yang linier. *Tapered Slot Antenna* (TSA) merupakan slot meruncing pada antena Vivaldi yang menyebabkan antena memiliki *bandwidth* lebar serta direktivitas yang tinggi dan memancarkan pola radiasi yang linear (Gibson, 1979) (Liu, dkk, 2022).



Gambar 3. Antena Vivaldi

*Vector Network Analyzer* (VNA) adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur parameter *scattering* dari suatu jaringan atau sistem kutub N. Salah satu keluaran VNA adalah S-parameter. Berdasarkan ilustrasi pada Gambar 4, S-Parameter terdiri dari  $S_{12}$  yaitu daya yang ditransfer dari *port* 2 ke *port* 1,  $S_{21}$  yaitu daya yang ditransfer dari *port* 1 ke *port* 2,  $S_{11}$  yaitu sinyal refleksi pada *port* 1 hasil dari sinyal yang terjadi pada *port* 1, dan  $S_{22}$  yaitu sinyal refleksi pada *port* 2 hasil dari sinyal yang terjadi pada *port* 2 (Hutapea & Santoso, 2018) (Pramudita, dkk, 2021).



Gambar 4. VNA

### 2.5 BladeRF

Pada penelitian ini BladeRF dipilih untuk menjadi pemodelan dari sistem Radar untuk medeteksi pernapasan pada manusia. BladeRF sesuai pada Gambar 5, merupakan *hardware* yang merupakan salah satu jenis dari SDR yang diatur oleh GNU Radio sebagai *software*. Spesifikasi umum BladeRF yaitu memiliki frekuensi kerja pada rentang 300 MHz sampai dengan 3,8 GHz dengan *bandwidth* 28 MHz, selain itu bersifat *full duplex* dan memiliki *sample rate* 40 Mbps (Cutugno, dkk, 2020).



Gambar 5. BladeRF

### 2.6 FFT dan IFFT

Terdapat dua (2) metode yang umum digunakan dalam mengolah data hasil deteksi sistem Radar menggunakan VNA, yaitu *Fast Fourier Transform* (FFT) dan *Inverse Fast Fourier Transform* (IFFT). FFT merupakan suatu algoritma yang efisien dalam memproses suatu komputasi yang kaitannya dengan pengolahan data. FFT dalam hal pengolahan data pada sistem Radar umumnya digunakan untuk mengubah hasil data pada domain waktu menjadi domain frekuensi. Pada FFT terdapat dua kondisi, yaitu ketika  $n$  bernilai genap yang dinyatakan dengan  $2n$  dan ketika  $n$  bernilai ganjil yang dinyatakan dengan  $2n + 1$ . Persamaan (3) merupakan persamaan umum dari FFT, sedangkan Persamaan (4) merupakan  $X(k)$  ketika  $n$  bernilai genap dan ganjil,

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot W_N^{nk} \quad (3)$$

$$X(k) = \sum_{n=0}^{\frac{N}{2}-1} x(2n) \cdot W_N^{2nk} + \sum_{n=0}^{\frac{N}{2}-1} x(2n+1) \cdot W_N^{(2n+1)k} \quad (4)$$

dengan  $X(k)$  merupakan FFT pada domain frekuensi dengan nilai  $k$  tertentu sesuai yang ditentukan, selain itu  $N$  merupakan banyaknya data keluaran dari VNA. Sedangkan  $x(n)$  merupakan hasil data VNA yang berada pada domain waktu dengan  $W_N$  merupakan faktor yang bisa dinyatakan dengan  $e^{-j\frac{2\pi}{N}}$ . Pada Persamaan (4),  $\frac{N}{2}$  pada sigma muncul agar ketika dijumlahkan nilai  $N$  akan tetap sama seperti nilai  $N$  yang digunakan pada data.

Fungsi IFFT merupakan kebalikan dari FFT. IFFT merupakan suatu algoritma yang digunakan untuk mengubah data pada domain frekuensi menjadi domain waktu. Pada IFFT juga terdapat dua kondisi, yaitu ketika  $k$  bernilai genap yang dinyatakan dengan  $2k$  dan ketika  $k$  bernilai ganjil yang dinyatakan dengan  $2k + 1$ . Persamaan (5) merupakan persamaan umum dari IFFT dan Persamaan (6) merupakan  $x(n)$  ketika  $k$  bernilai genap dan ganjil.

$$x(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k) \cdot W_N^{-nk} \quad (5)$$

$$x(n) = \sum_{n=0}^{\frac{N}{2}-1} X(2k) \cdot W_N^{2kn} + \sum_{n=0}^{\frac{N}{2}-1} X(2k + 1) \cdot W_N^{(2k+1)n} \quad (6)$$

dengan  $x(n)$  merupakan IFFT dengan hasil pada domain waktu pada nilai  $n$  tertentu, dengan  $N$  merupakan jumlah data keluaran VNA. Selain itu,  $X(k)$  merupakan hasil data VNA yang berada pada domain frekuensi dengan  $W_N$  sama seperti pada FFT. Pada Persamaan (6) sama halnya seperti Persamaan (4),  $\frac{N}{2}$  pada sigma muncul agar ketika dijumlahkan nilai  $N$  akan tetap sama seperti nilai  $N$  yang digunakan pada data (**Zaytsev, 2022**). Karena IFFT merupakan *inverse* maka persamaan hasil proses IFFT akan seperti Persamaan (5) atau FFT.

### 2.7 *Obstacle* Pakaian

Bahan yang digunakan merupakan bahan yang sering dipakai sehari hari dan memenuhi kondisi tertentu pada bidang medis. Ketebalan kain yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Ketebalan Pakaian**

Nilai	Nonconductive Fabric			
	Katun	100% Polyester	Jeans	Kulit
<b>Ketebalan (m)</b>	$4,48 \times 10^{-3}$	$7 \times 10^{-3}$	$6,38 \times 10^{-3}$	0,01724

### 2.8 Sistem Pengolahan Data

Pengolahan hasil data oleh VNA menggunakan MATLAB, karena data yang didapatkan dalam domain frekuensi, sedangkan dibutuhkan data dalam domain waktu untuk mempermudah analisis. Berikut adalah tahapan pengolahan data,

1. Menyusun data  $S_{21}$  menjadi vektor FFT dalam domain frekuensi.
2. Membangkitkan sinyal transmit  $S_t$  lalu diubah menjadi vektor diskrit  $S_t(n)$  dengan  $N$  sebanyak jumlah data  $S_{21}$  yaitu 501 titik.
3. Melakukan perhitungan FFT dari  $S_t(n)$ .
4. Melakukan konvolusi dengan  $k = 1$  melalui persamaan berikut, yang mana nantinya  $S_r(k)$  akan menjadi *input* dari IFFT.

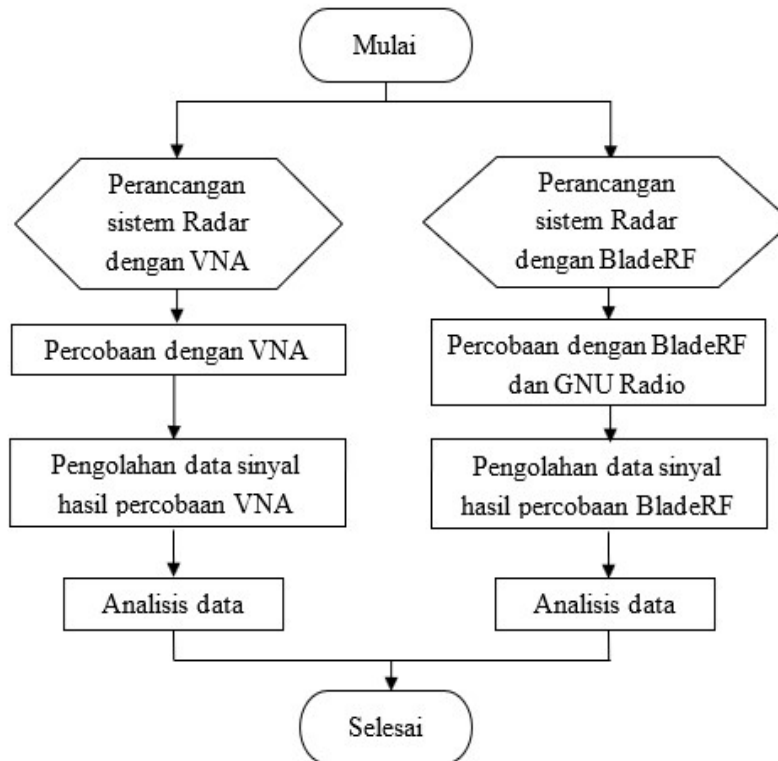
$$[S_r(k)] = FFT [S_{21}] \cdot FFT[S_t(n)] \quad (7)$$

5. Tahap terakhir yaitu menentukan sinyal terima dengan IFFT yang dinyatakan seperti persamaan berikut, dan nantinya  $s_r(n)$  menjadi *output* dari IFFT.

$$[S_r(n)] = IFFT [S_r(k)] \quad (8)$$

## 2.9 Desain Sistem

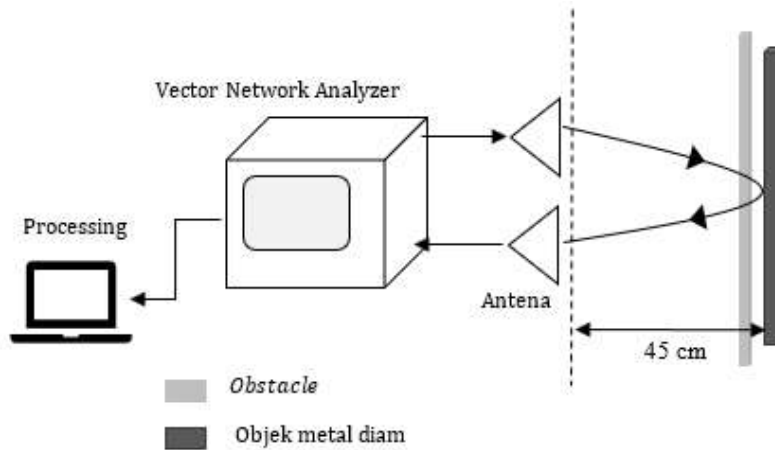
Sistem pendeteksian pernapasan menggunakan sistem Radar dengan VNA dan BladeRF akan menggunakan beberapa perangkat yaitu VNA, antena Vivaldi, BladeRF, *software* MATLAB dan GNU Radio. Pada penelitian ini program pada GNU Radio menggunakan yang sudah ada. Gambar 6 menggambarkan tahapan percobaan yang akan dilakukan.



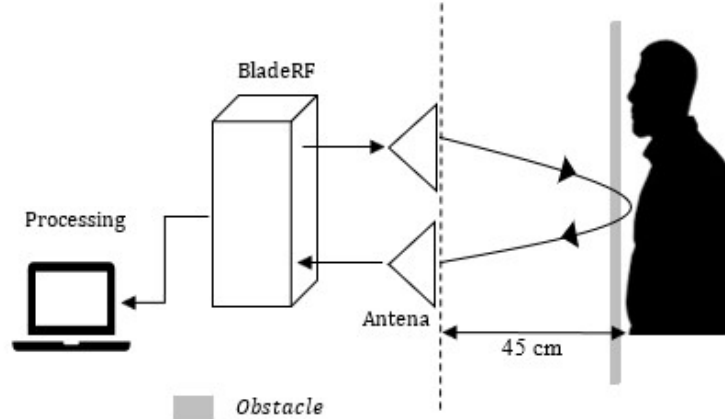
**Gambar 6. Diagram Alir Percobaan**

## 2.10 Desain Sistem Radar

Percobaan dengan VNA menghasilkan data pada domain frekuensi. Eksperimen dilakukan dengan memberikan jarak antara antena dan objek, karena nantinya pendeteksian akan dilakukan dari jarak jauh, sehingga observasi dilakukan dengan memberikan jarak sebesar 45 cm yang mana merupakan jarak dengan hasil paling optimal ketika pendeteksian dilakukan dengan VNA. Penggunaan jarak yang terlalu dekat akan mengakibatkan munculnya sinyal coupling yang akan menyulitkan pembacaan data. Pada percobaan ini rentang frekuensi yang digunakan yaitu 300 KHz – 8 GHz dengan 501 titik pengukuran. Objek yang digunakan pada percobaan ini yaitu berupa pelat, untuk melihat pengaruh *obstacle* saja. Sesuai pada Gambar 7, percobaan VNA dilakukan ketika tanpa *obstacle* dan dengan *obstacle*. Secara umum prinsip kerja BladeRF sama seperti VNA. BladeRF dapat lebih jelas mendeteksi pergeseran kecil pernapasan dengan data yang dihasilkan dalam domain waktu. Sehingga hanya perlu memodelkan data dalam grafik. Gambar 8 memperlihatkan percobaan yang dilakukan dengan menggunakan Blade RF.



**Gambar 7. Diagram Alir Percobaan dengan VNA**



**Gambar 8. Diagram Alir Percobaan dengan BladeRF**

### 3. HASIL DAN ANALISIS

#### 3.1 Hasil Perhitungan Manual

Diperlukan perhitungan manual dari hasil data yang didapatkan dari percobaan, yaitu total atenuasi,  $\nu$ , dan  $t$ . Persamaan (9) sampai dengan (11) digunakan untuk mendapatkan nilai tersebut,

$$\text{Total Atenuasi} = \text{Tebal Pakaian} \times \alpha \quad (9)$$

$$N = \frac{\omega}{\beta} \quad (10)$$

$$t = \frac{\text{Tebal Pakaian}}{\nu} \quad (11)$$

Pada bahan kulit tidak dapat dilakukan perhitungan manual, karena tidak ada referensi yang menyajikan nilai parameter. Hasil perhitungan total atenuasi dapat dilihat pada Tabel 3.

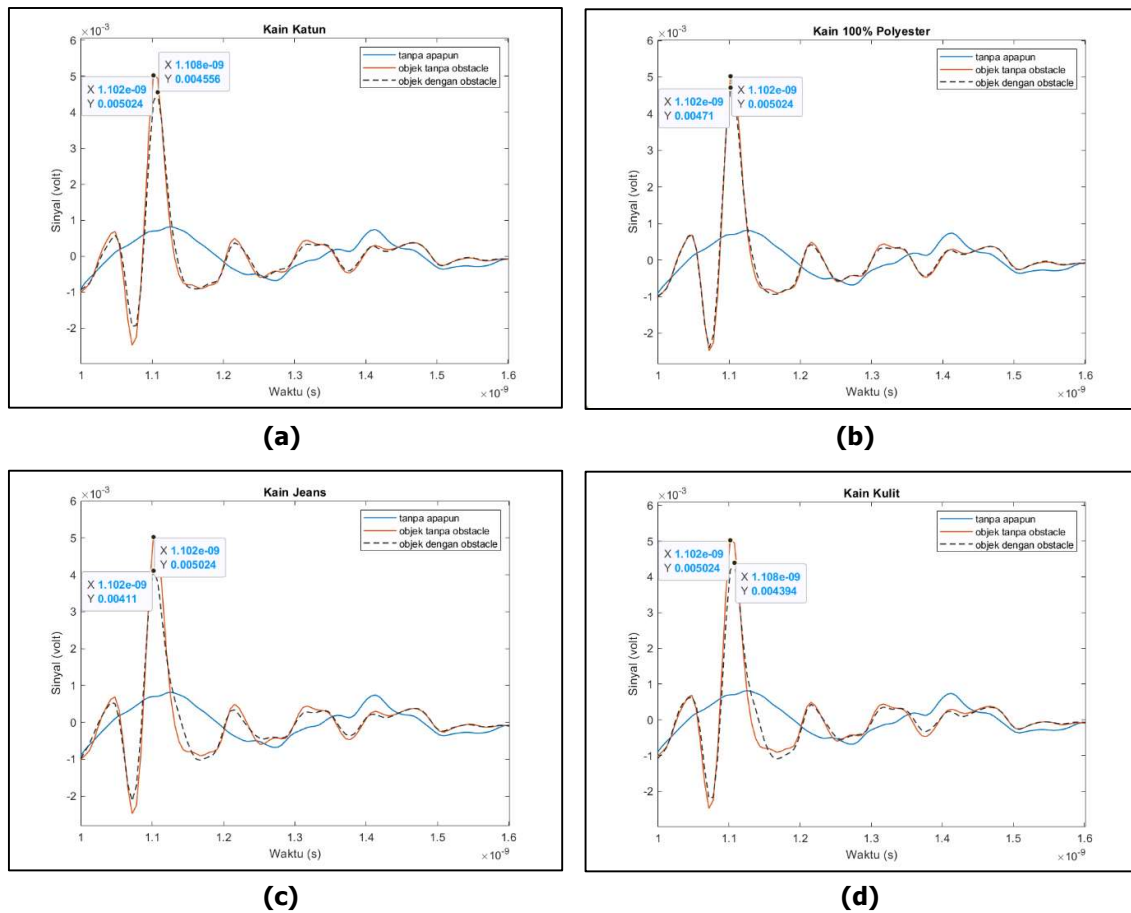


**Tabel 3. Hasil Perhitungan Manual**

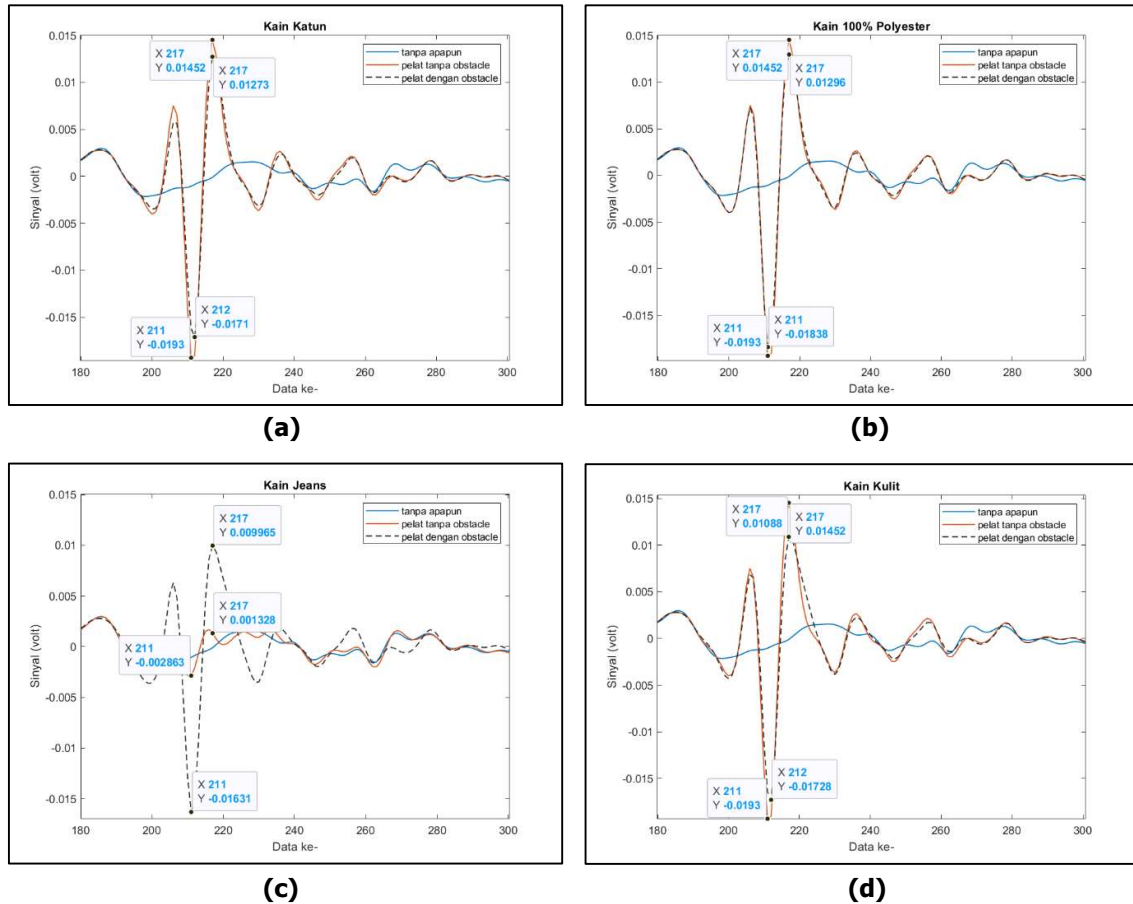
Hasil	Nonconductive Fabric		
	100% Polyester	Jeans	Katun
$\epsilon''r$	$8,55 \cdot 10^{-3}$	0,0425	0,064
Total Atenuasi	0,016	0,077	0,082
$v$ (m/s)	218222985,4	231020693,3	237999443,5
$t$ (s)	$3,2 \times 10^{-11}$	$2,76 \times 10^{-11}$	$1,88 \times 10^{-11}$

**3.2 Hasil Percobaan dengan VNA**

Pada Gambar 9 akan dilihat pengaruh *obstacle* melalui *delay* yang terjadi saat dilakukan pendeteksian. Karena *obstacle* sangat tipis maka pada *delay*, *obstacle* tidak terlalu terlihat jelas. Sedangkan pada Gambar 10 akan dilihat total atenuasi yang ditimbulkan oleh *obstacle*. Data dibawah adalah perbandingan pada keadaan deteksi tanpa *obstacle* maupun objek, ketika ada objek, dan ketika terdapat *obstacle*.



**Gambar 9. Hasil Pengukuran Delay Menggunakan VNA Pada Beberapa Material Percobaan VNA pada (a) Kain Katun, (b) Polyester, (c) Jeans, (d) Kulit**



**Gambar 10. Hasil Pengukuran Atenuasi Menggunakan VNA Pada Beberapa Material Percobaan VNA pada (a) Kain Katun, (b) Polyester, (c) Jeans, (d) Kulit**

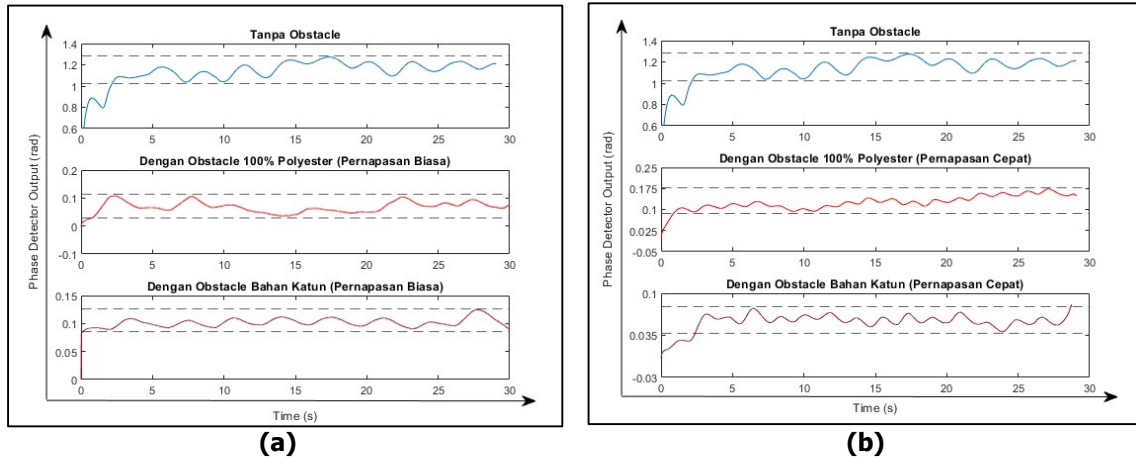
Hasil percobaan pada Gambar 9, dapat dilihat pada Tabel 4. Dari Tabel dapat disimpulkan bahwa nilai *delay* yang disebabkan oleh *obstacle* sangat kecil (dalam orde ps). Namun, dari sisi atenuasi dapat disimpulkan material *Jeans* memberikan atenuasi yang paling besar yaitu sebesar 2,33 dB, dan atenuasi paling kecil dari bahan *Polyester* sebesar 0,80 dB.

**Tabel 4. Hasil Percobaan**

Hasil	Nonconductive Fabric			
	Katun	100% Polyester	Jeans	Kulit
<b>Delay (ps)</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>6</b>
Vpp tanpa <i>obstacle</i> (dB)	-29,37	-29,37	-29,37	-29,37
Vpp dengan <i>obstacle</i> (dB)	-30,46	-30,17	-31,70	-31,06
<b>Total Atenuasi (dB)</b>	<b>1,09</b>	<b>0,80</b>	<b>2,33</b>	<b>1,69</b>

### 3.3 Hasil Percobaan dengan BladeRF

Percobaan dilakukan dengan menggunakan *obstacle* yang sama dengan VNA dan pada jarak 45 cm. Percobaan dengan BladeRF dilakukan dengan objek manusia yang melakukan dua model pernapasan, yaitu pernapasan biasa dan pernapasan cepat, dengan durasi 30 detik.



**Gambar 11. Hasil Percobaan BladeRF pada Kain 100% Polyester dan Katun (a) Napas Biasa (b) Napas Cepat**

Gambar 11 menunjukkan hasil deteksi pada bahan katun dan 100% polyester. Kedua kain tersebut dapat mewakili data dari kain jeans dan kain kulit dikarenakan berdasarkan hasil percobaan dengan VNA menunjukkan bahwa atenuasi yang ditimbulkan oleh kain-kain tersebut tidak berbeda secara signifikan. Berdasarkan gambar 11 tersebut, didapatkan bahwa pola pernapasan pada saat tanpa obstacle lebih terlihat jelas ditandai dengan fluktuasi yang lebih terlihat dibandingkan ketika terdapat obstacle, utamanya ketika pernapasan lambat. Sehingga dapat disimpulkan bahwa obstacle berpengaruh terhadap proses pendeteksian pernapasan dengan BladeRF.

Tujuan dilakukannya percobaan dengan pola pernapasan yang cepat adalah untuk mengetahui apakah BladeRF tetap bisa mendeteksi dengan jelas walaupun terdapat obstacle. Hasilnya BladeRF dapat mendeteksi dengan cukup baik pola pernapasan yang cepat sekalipun, Pada pemetaan dihasilkan gelombang sinusoidal yang dapat didefinisikan bahwa peak atas adalah ketika inhale dan peak bawah adalah ketika exhale. Dapat disimpulkan bahwa walaupun obstacle memberi pengaruh kepada pendeteksian menggunakan BladeRF, akan tetapi pergeseran kecil masih dapat terdeteksi dengan cukup baik.

### 3.4 Analisis Perbandingan Hasil Perhitungan dan Hasil Percobaan

Atenuasi adalah pelemahan suatu sinyal yang disebabkan oleh jarak yang ditempuh oleh gelombang ketika menuju. Sedangkan delay adalah terjadinya selisih waktu yang muncul akibat obstacle pada saat data diambil pada saat tanpa obstacle dan ketika terdapat obstacle. Data ditampilkan pada Tabel 5.,

**Tabel 5. Hasil Percobaan**

Hasil	Nonconductive Fabric			
	Katun	100% Polyester	Jeans	Kulit
Total Atenuasi Percobaan (dB)	1,09	0,80	2,33	1,69
Total Atenuasi Perhitungan (dB)	0,082	0,016	0,077	-
Delay Percobaan (ps)	6	-	-	6
Delay Perhitungan (ps)	0,20	0,34	0,28	-

Berdasarkan tabel tersebut, total atenuasi hasil percobaan lebih besar dari nilai total atenuasi perhitungan, hal tersebut karena adanya jarak pada percobaan sedangkan pada perhitungan tidak ada jarak, sehingga terbukti bahwa jarak mempengaruhi nilai atenuasi. Sedangkan *delay* yang terjadi sangatlah kecil yaitu dalam kisaran *picosecond* (ps). Hal ini dikarenakan *obstacle* yang sangat tipis dan berongga, selain itu juga letak *obstacle* yang digunakan oleh manusia sebagai *objek* sehingga baik *delay* maupun total atenuasi sangat kecil. Penyebab adanya perbedaan nilai atenuasi juga dapat disebabkan oleh adanya kemungkinan perbedaan konstanta dielektrik pada kain yang digunakan, kekurangan pada alat dan set-up percobaan juga berpengaruh. Selain itu, secara teoritis dapat dikatakan bahwa semakin tebal *obstacle* maka *delay* dan atenuasi yang ditimbulkan akan semakin besar, akan tetapi karena adanya nilai konstanta dielektrik yang berbeda dari tipe jenis *obstacle* maka hasil tersebut tidak pasti.

#### 4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, dilakukan pemodelan sistem Radar dengan VNA dan BladeRF untuk menganalisis pengaruh pakaian sebagai *obstacle* terhadap pendeteksian pernapasan. Percobaan dilakukan pada jarak 45 cm dan pada empat pakaian dengan jenis dan ketebalan berbeda. Didapatkan hasil bahwa total atenuasi rata-rata yang disebabkan oleh *obstacle* kecuali bahan kulit yaitu sebesar 0,117 dB pada hasil perhitungan dan sebesar 1,41 dB. Selain itu, *delay* tidak berpengaruh secara signifikan. Delay sangat kecil dengan rata-rata *delay* sebesar 6 pikosekon. Dengan pergeseran rata-rata yang timbul akibat *delay* yaitu sebesar 90 milimeter. Pada BladeRF dapat disimpulkan bahwa pergerakan kecil pada dinding dada yang mencerminkan pernapasan dapat dideteksi. Menunjukkan bahwa adanya *obstacle* tidak mempengaruhi kinerja radar untuk mendeteksi pernapasan.

Terdapat penyebab lain dari timbulnya perbedaan nilai perhitungan dan percobaan, hal ini dapat disebabkan adanya kemungkinan perbedaan nilai karakteristik dielektrik bahan, kekurangan dari set-up maupun alat, serta kondisi lingkungan saat percobaan. Secara keseluruhan, sistem Radar yang dimodelkan dengan VNA dan BladeRF dapat digunakan untuk mendeteksi pernapasan walaupun terdapat *obstacle* berupa pakaian. Hal tersebut dikarenakan pakaian yang tipis, berongga, serta digunakan oleh objek yaitu manusia, sehingga total atenuasi dan *delay* tidak signifikan, dan pergerakan dinding dadanya dapat dideteksi sistem Radar yang dimodelkan dengan BladeRF.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Alemaryeen, A., Noghianian, S., & Fazel-Rezai, R. (2018). Antenna Effects on Respiratory Rate Measurement Using a UWB Radar System. *IEEE Journal of Electromagnetics, RF and Microwaves in Medicine and Biology*, 2(2), 87–93. <https://doi.org/10.1109/JERM.2018.2813534>
- Ambarini, R., Pramudita, A. A., Ali, E., & Setiawan, A. D. (2018). Single-Tone Doppler Radar System for Human Respiratory Monitoring. *2018 5th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI)*, (pp. 571–575). <https://doi.org/10.1109/EECSI.2018.8752871>
- Cutugno, M., Robustelli, U., & Pugliano, G. (2020). Low-Cost GNSS Software Receiver

- Performance Assessment. *Geosciences*, *10*(2).  
<https://doi.org/10.3390/geosciences10020079>
- Gibson, P. J. (1979). The Vivaldi Aerial. *Eur Microwave Conf*, 101–105.  
<https://doi.org/10.1109/EUMA.1979.332681>
- Guyton, A. C. (1999). Textbook of Medical Physiology W3. *Philadelphia*, *10*.
- Hung, W.-P., Chang, C.-H., & Lee, T.-H. (2017). Real-Time and Noncontact Impulse Radio Radar System for  $\mu\text{m}$  Movement Accuracy and Vital-Sign Monitoring Applications. *IEEE Sensors Journal*, *17*(8), 2349–2358. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2017.2670919>
- Hutapea, H., & Santoso, K. A. (2018). Analisis Pengujian S-Parameter Pada Perangkat Duplexer Dan Kabel Coaxial Dengan Frekuensi 1.800 MHZ.
- Kano, S., Dobashi, Y., & Fujii, M. (2018). Silica Nanoparticle-Based Portable Respiration Sensor for Analysis of Respiration Rate, Pattern, and Phase During Exercise. *IEEE Sensors Letters*, *2*(1), 1–4. <https://doi.org/10.1109/LSSENS.2017.2787099>
- Li, W., Tan, B., & Piechocki, R. (2018). Passive Radar for Opportunistic Monitoring in E-Health Applications. *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*, *6*, 1–10. <https://doi.org/10.1109/JTEHM.2018.2791609>
- Liang, Q., Xu, L., Bao, N., Qi, L., Shi, J., Yang, Y., & Yao, Y. (2019). Research on Non-Contact Monitoring System for Human Physiological Signal and Body Movement. *Biosensors*, *9*(2), 58. <https://doi.org/10.3390/bios9020058>
- Liu, Z., Chen, Y., & Yang, S. (2022). In-Band Scattering Cancellation Techniques for Vivaldi Antenna Array. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, *70*(5), 3411–3420. <https://doi.org/10.1109/TAP.2021.3137475>
- Malanowski, M., & Kulpa, K. (2011). Target Detection in Continuous-Wave Noise Radar in the Presence of Impulsive Noise. *Acta Physica Polonica A*, *119*, 467–472. <https://doi.org/10.12693/APhysPolA.119.467>
- Pisa, S., Pittella, E., & Piuze, E. (2016). A survey of radar systems for medical applications. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, *31*(11), 64–81. <https://doi.org/10.1109/MAES.2016.140167>
- Praktika, T. O., Pramudita, A. A., & Wahyu, Y. (2019). Design of Vivaldi Antenna for UWB Respiration Radar. *2019 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)*, (pp. 11–16). <https://doi.org/10.1109/ICOIACT46704.2019.8938464>
- Pramudita, A. A., Praktika, T. O., & Jannah, S. (2021). Radar Modeling Experiment Using Vector Network Analyzer. *2020 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP)*,

- (pp. 99–100). <https://doi.org/10.23919/ISAP47053.2021.9391495>
- Ryanu, H., Setiawan, D., & Ewer, E. (2021). Desain Antena Mikrostrip UWB dengan Peningkatan Lebar pita dan Karakteristik Triple Notch Band. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, *10*, 249–256. <https://doi.org/10.22146/jnteti.v10i3.1878>
- Salvado, R., Loss, C., Gonçalves, R., & Pinho, P. (2012). Textile Materials for the Design of Wearable Antennas: A Survey. *Sensors (Basel, Switzerland)*, *12*, 15841–15857. <https://doi.org/10.3390/s121115841>
- Singh, V. (2014). A Review of Textile Materials for Wearable Antenna. *Journal of Microwave Engineering & Technologies (ISSN: 2349-9001)*, *1*, 7–14.
- Skolnik M. (2018). *Radar Handbook, Third Edition* (3 ed., Vol. 53). McGraw-Hill Education.
- White, J. (2004). *Electromagnetic Fields and Waves* (hal. 183–306). <https://doi.org/10.1002/0471474827.ch7>
- Xiong, Y., Chen, S., Dong, X., Peng, Z., & Zhang, W. (2017). Accurate Measurement in Doppler Radar Vital Sign Detection Based on Parameterized Demodulation. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, *65*(11), 4483–4492. <https://doi.org/10.1109/TMTT.2017.2684138>
- Yamada, Y. (2022). Dielectric Properties of Textile Materials: Analytical Approximations and Experimental Measurements—A Review. *Textiles*, *2*(1), 50–80. <https://doi.org/10.3390/textiles2010004>
- Zaytsev, A. (2022). *Digital Signals Processing* (hal. 255–261). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-94873-3\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-030-94873-3_31)