

# IDENTIFIKASI KARAKTERISTIK MATERIAL DARI BAHAN BATAK TRADISIONAL INDONESIA

Harfan Hian Ryanu<sup>1</sup>, Ummi Jumria<sup>2</sup>, Hawary Siddik<sup>3</sup>, M Daffa Hamsy P<sup>4</sup>, Nabila Rizqa Damayanti<sup>5</sup>, Regita Nurul Fauziah<sup>6</sup>, Bambang Setia Nugroho<sup>7</sup>, Levy Olivia Nur<sup>8</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6,7,8</sup>Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Indonesia

<sup>1</sup>harfanhr@telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>ummijumria@student.telkomuniversity.ac.id,

<sup>3</sup>hawarysiddik@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>4</sup>mdaffahamsy@student.telkomuniversity.ac.id

<sup>5</sup>nabilarizqa@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>6</sup>regitafauzi@student.telkomuniversity.ac.id

<sup>7</sup>bambangsetianugroho@telkomuniversity.ac.id, <sup>8</sup>levyolivia@telkomuniversity.ac.id

Diterima pada 6 Juni 2023; disetujui pada 12 Juli 2023; dan diterbitkan pada 31 Juli 2023.

## Abstrak

*Wearable antenna* memiliki peran penting dalam WBAN (*Wireless Body Area Network*) sebagai komponen utama yang mendukung komunikasi *on body*. Penelitian ini berfokus kepada karakterisasi *Material Under Test* (MUT) dari bahan batik tradisional Indonesia dengan menggunakan metode ekstraksi sensor CSRR (*Complementary split ring resonator*). Respon frekuensi dan *magnitude* dari S21 digunakan untuk mengekstraksi permitivitas relatif bahan dan *loss tangent* bahan. Dari seluruh respon yang muncul kemudian dilakukan simulasi dan pengukuran *antenna wearable* dengan frekuensi kerja 2,4 GHz. Antena dengan hasil simulasi dan pengukuran yang paling mirip kemudian dipilih sebagai kandidat permitivitas relatif dan *loss tangent* bahan material. Dari 6 respon frekuensi yang muncul dari pengukuran sensor CSRR, nilai permitivitas relatif 2,083 dan *loss tangent* 0,144 memperoleh kemiripan yang baik antara simulasi dan pengukuran dengan tingkat akurasi sebesar 99,17%. Hasil akhir *antenna wearable* yang diusulkan kemudian divalidasi juga untuk mengirimkan data denyut jantung menggunakan *microcontroller* ESP32 ke internet menggunakan *access point* Wifi frekuensi 2,4 GHz.

**Kata Kunci:** *Wearable antenna*, ekstraksi karakteristik material, *Wireless Body Area Network* (WBAN), CSRR, *Material Under Test*, tanda-tanda vital.

## Abstract

*Wearable antenna* has an important role in WBAN (*Wireless Body Area Network*) as the main component that supports on-body communication. This study focuses on the characterization of *Material Under Test* (MUT) from Indonesian traditional batik material using the CSRR (*Complementary split ring resonator*) sensor extraction method. The frequency response and magnitude of S21 are used to extract the relative permittivity and loss tangent of the material. From all the responses that appear, a simulation and measurement of wearable antennas is carried out with a working frequency of 2.4 GHz. The antenna with the most similar simulation and measurement results is then selected as a candidate for relative permittivity and loss tangent of the material. From all the 6 frequency responses that emerged from CSRR sensor measurements, the relative permittivity value of 2.083 and the loss tangent of 0.144 achieved a good similarity between the measurement and simulation with an accuracy rate of 99.17%. The final design of the proposed wearable antenna is also validated to transmit heart rate data using the ESP32 microcontroller to the internet using a 2.4 GHz frequency Wifi access point.

**Key Words:** *Wearable antenna*, extraction of material characteristics, wireless body area network (WBAN), CSRR, material under test, vital signs

## 1. Pendahuluan

Belakangan ini pengembangan teknologi menggunakan *wearable antenna* sangat pesat. Pada penelitian ini akan diusulkan penggunaan batik sebagai substrat untuk *wearable antenna* yang didesain untuk

dipakai pada tubuh. *Wearable antenna* memiliki peran penting dalam teknologi telemedis terutama *Wireless Body Area Network*/WBAN sebagai komponen utama yang mendukung komunikasi nirkabel. IEEE 802.15 Standard untuk WBAN memiliki beberapa set standard

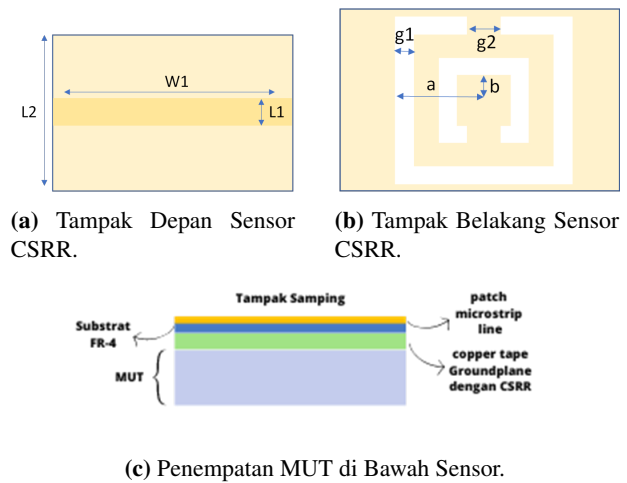
**Tabel 1. Dimensi Sensor CSRR**

Parameter	W1	L1	L2	a	b	g1	g2
Dimensi (mm)	40	1,5	8	6	5,4	0,2	0,2

untuk antenna yang digunakan untuk komunikasi pada tubuh baik yang bersifat *on-body* maupun *off-body* [1]. *Wearable antenna* sendiri memiliki banyak fitur yang cukup menarik seperti ringan saat digunakan, fleksibel, murah, dan awet. Namun dalam perancangannya memiliki tantangan tersendiri untuk pemilihan material dan teknik fabrikasi antenna [2].

Material substrat yang umumnya digunakan untuk *wearable antenna* umumnya adalah tekstil sehingga sistem dapat diintegrasikan dengan mudah ke dalam pakaian. Beberapa bahan tekstil yang digunakan untuk *wearable antenna* yang populer antara lain cordura, jeans, cotton, dan polyester [3], [4]. Sampai saat makalah ini dibuat, belum terdapat *wearable antenna* yang dirancang menggunakan bahan tradisional batik Indonesia. Padahal sebagai salah satu warisan budaya Indonesia, batik perlu diperkenalkan ke mancanegara. Sebagai *wearable antenna*, bahan batik sangat cocok untuk digunakan karena bahannya yang serupa dengan tekstil seperti kain katun, polyester, dan sutra. Namun demikian, dalam merancang *wearable antenna* menggunakan bahan batik, perlu diketahui karakteristik permitivitas relatif, dan juga *loss tangent*-nya [5]. Hal tersebut dikarenakan profil antenna sangat bergantung kepada permitivitas, ketebalan, dan *loss tangent* dari substrat yang digunakan. Beberapa metode untuk melakukan ekstraksi karakteristik elektromagnetik material telah banyak diteliti. Salah satunya adalah dengan teknik *coaxial probe*, dan *quarter wave open ended stub resonator* [6], [7]. Namun kedua teknik tersebut memiliki struktur yang cukup kompleks dan membutuhkan biaya yang cukup besar. Metode yang populer adalah dengan menggunakan planar sensor *Microstrip Line* [8], *Split Ring Resonator* (SRR) atau *Complementary Split Ring Resonator* (CSRR) [6], [9]–[10]. Hal tersebut dikarenakan kedua metode menggunakan sensor kecil yang kompak bersifat *non-destructive*, tidak memerlukan struktur yang kompleks, dan tidak membutuhkan biaya yang mahal dalam proses perancangannya.

Makalah ini mengusulkan desain *wearable antenna* dengan menggunakan bahan batik sebagai substrat. Bahan batik yang digunakan memiliki komposisi bahan kain katun dengan campuran *polyester*. Motif dagel dicetak dengan teknik canting menggunakan tinta berbahan dasar malam/lilin. Penggunaan batik sebagai substrat pada *wearable antenna* memiliki kesulitan tersendiri dikarenakan kompleksitas bahan campuran antara tekstil dan motif tinta yang tidak seragam pada permukaan kain. Pada tahap awal dilakukan ekstraksi



**Gambar 1. Konfigurasi Ekstraksi Karakteristik Bahan.**

karakteristik permitivitas relatif dan *loss tangent* dari bahan batik dengan menggunakan metode CSRR. Kemudian, dari hasil karakterisasi yang diperoleh, dilakukan perancangan antenna pada frekuensi 2,4 GHz. Hasil pengukuran dan simulasi dibandingkan untuk memvalidasi hasil karakterisasi material. Selain itu juga validasi dilakukan dengan menggunakan antenna yang diusulkan untuk mengirimkan data tanda vital ke internet menggunakan sensor denyut jantung dan mikrokontroler ESP32.

## 2. Metodologi

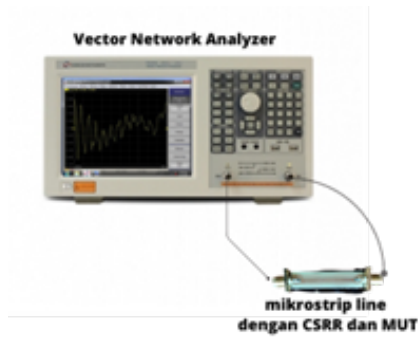
### 2.1 Ekstraksi Karakteristik Batik Menggunakan Sensor Metamaterial CSRR

Dalam merancang *wearable antenna* menggunakan substrat yang tidak diketahui karakteristik elektromagnetik materialnya seperti permitivitas relatif dan *loss tangent*, perlu dilakukan ekstraksi karakteristik material. Pada penelitian ini digunakan metode sensor CSRR karena struktur sensor yang sederhana dan dapat dicetak pada bahan substrate yang murah seperti FR-4. Selain itu, teknik ini juga bersifat planar non-destruktif dan menawarkan biaya implementasi rendah, integrasi kompak dengan komponen *microwave* lainnya, serta implementasi yang memungkinkan dalam sistem terpadu *on-chip* [11] dan memiliki sensitivitas pengukuran yang tinggi dan menghilangkan prosedur persiapan sampel yang lebih banyak yang diperlukan dalam metode berbasis resonansi lainnya [12].

Konfigurasi karakterisasi *Material Under Test* (MUT) dengan menggunakan sensor CSRR dapat dilihat pada Gambar 1. CSRR merupakan salah satu jenis metamaterial yang terdiri dari dua cincin berbentuk persegi yang memiliki gap konduktor pada tiap cincin sesuai ilustrasi pada Gambar 1(b). Sensor material

**Tabel 2. Nilai Permittivitas dan Loss tangent Menggunakan Metode CSRR**

No	$f_r$ (GHz)	$S_{21}$	Tebal (mm)	$\epsilon_r$	Loss tangent
1A	2,688	-2,869	0,23	2,083	0,144
1B	2,108	-11,01	0,23	15,37	0,009
1C	1,612	-3,423	0,23	39,63	0,005
2A	1,720	-5,937	1,4	13,98	0,004
2B	2,372	-3,06	1,4	4,429	0,103



**Gambar 2. Model Pengukuran Menggunakan CSRR**

menggunakan saluran transmisi pada bagian atas, dan CSRR diletakkan di bagian bawah sensor. Sensor CSRR direalisasikan dengan menggunakan bahan FR-4 dengan permitivitas relatif sebesar 4,4 dan ketebalan substrat 1,6mm. Adapun dimensi CSRR dapat dilihat pada Tabel 1.

Pada Gambar 1(c), CSRR berfungsi sebagai probe medan dekat dan dibuat pada *groundplane* di *microstrip line*. Material dielektrik berupa batik sebagai MUT yang akan diukur permitivitas relatif dan *loss tangent* diletakkan di bawah *groundplane*. Respon *magnitude* pada frekuensi resonansi yang diukur dari CSRR yang telah diletakkan MUT digunakan untuk mengekstraksi permitivitas relatif dan *loss tangent* batik dengan menggunakan persamaan (1)-(3).

$$f_r^2 = (0.019 - 0.0175 \exp(-\frac{d}{0.67}))(\epsilon_r - 1) + 0.137 \quad (1)$$

$$R_{tot} = \frac{2Z_o(1 - 10^{\frac{S_{21}}{20}})}{10^{\frac{S_{21}}{20}}} \quad (2)$$

$$\text{Loss Tangent} = \frac{565 - R_{tot} - 455(2.71 - f_r)}{3591.92} \quad (3)$$

Adapun  $f_r$  merupakan frekuensi resonansi dalam GHz,  $d$  merupakan tebal MUT dalam mm,  $S_{21}$  merupakan hasil pengukuran koefisien transmisi menggunakan VNA (*Vector Network Analyzer*). Pengukuran dilakukan dengan menyambungkan port 1 dan port 2 pada VNA dengan masing-masing ujung

**Tabel 3. Spesifikasi Bahan Wearable Antenna**

Parameter	Spesifikasi
Bentuk Patch	Rectangular
Frekuensi Kerja	2,4 GHz
Return Loss	$\leq 10$ dB
VSWR	1 – 2
Gain	$>0$ dB
Ketebalan Substrat	0,23 dan 1,4

sensor CSRR pada bagian *microstrip line*. Gambar 2 memperlihatkan model pengukuran menggunakan VNA.

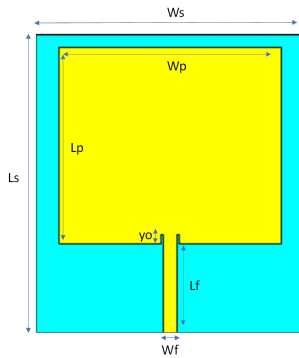
Pengambilan data frekuensi dan koefisien transmisi dilakukan sebanyak 2 kali percobaan dengan 2 kondisi ketebalan MUT. Ketebalan yang digunakan adalah dengan menambah lapisan MUT dari 1 lapis (0,23 mm) pada percobaan pertama menjadi 6 lapis (1,4 mm) pada percobaan kedua. Kedua percobaan tersebut dilakukan karena substrat tekstil umumnya sangat tipis, sehingga perlu diuji coba pengaruh ketebalan terhadap perubahan karakteristik materialnya. Hasil dari pengambilan data menggunakan sensor CSRR pada VNA berupa  $S_{21}$  dan frekuensi resonansi kemudian dijadikan input untuk menghitung nilai permitivitas relatif dan *Loss Tangent* material dengan menggunakan persamaan (1)-(3). Sebanyak 3 frekuensi resonansi dengan nilai  $S_{21}$  terendah kemudian dicatat pada masing-masing percobaan. Sehingga terdapat 6 kandidat permitivitas dan *loss tangent* yaitu percobaan 1A, 1B, dan 1C dengan ketebalan 0,23 mm, serta 2A, 2B, dan 2C dengan ketebalan 1,4mm. Hasil perolehan permitivitas dan *Loss Tangent* pada keseluruhan percobaan dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari 6 percobaan tersebut telah diperoleh 6 kandidat permitivitas dan *loss tangent* yang kemudian akan dilakukan perancangan antenna berupa simulasi dan pengukuran antenna dengan frekuensi pada 2,4 Ghz sebagai frekuensi ISM *band WiFi*.

## 2.2 Perancangan Antena

Penelitian ini menggunakan jenis antenna mikrostrip karena memiliki dimensi yang kecil sehingga lebih mudah diintegrasikan dan mudah diimplementasikan pada *device*. Namun antenna mikrostrip memiliki kelemahan dengan *bandwidth* yang rendah dan gain yang rendah [13] Penyusun antenna mikrostrip terdiri dari *patch*, substrat, dan *groundplane*. Pada penelitian ini bahan substrat dan *patch* disesuaikan karakteristiknya agar nyaman digunakan pada tubuh. Bahan *patch* dan substrat dapat dilihat pada tabel berikut.

*Wearable antenna* yang dirancang pada penelitian memiliki spesifikasi sesuai pada Tabel 3. Agar spesifikasi antenna sesuai dengan yang diharapkan, perlu dilakukan perhitungan dimensi antenna. Perhitungan dimensi antenna memerlukan parameter frekuensi,



Gambar 3. Desain Geometri *Wearable antenna*

Tabel 4. Parameter Dimensi Antena

Parameter (mm)	Nomor Percobaan Antena					
	1A	1B	1C	2A	2B	2C
Ws	60	30	27,5	30	50	60
Ls	50	25	20,5	25	40	58
Wp	50	21	24,34	22,5	37	48
Lp	44	16,1	18,8	16,5	28,5	40,5
Yo	2	4	8,5	4,5	1	3
Wf	3	1	1	1	3	5
Lf	20	8	6,6	9	15	21,5

permitivitas relatif dan tebal substrat. Pada penelitian ini, perhitungan dimensi antena menggunakan persamaan pada [14]. Parameter dimensi yang dicari yaitu *patch*, *groundplane*, *inset feed*, dan *feed line* dengan jenis *patch* dari antena yang dirancang yaitu *rectangular* dengan frekuensi kerja antena pada 2,4 GHz.

Dalam perancangan dan simulasi antena, keenam antena tersebut dirancang dan disimulasikan di aplikasi CST Studio Suite. Gambar 3 memperlihatkan geometri antena, dan Tabel 4 menunjukkan dimensi antena. Dari ke-6 kandidat antena, percobaan nomor 1B, 1C, dan 2A memiliki dimensi paling kecil, dikarenakan permitivitas yang sangat besar. Sebaliknya, percobaan 1A, 2B, dan 2C memiliki dimensi yang cukup besar, dikarenakan permitivitas yang cukup kecil. Setelah antena dirancang dengan menggunakan software simulasi, tahap selanjutnya adalah dilakukan optimasi. Pada proses perancangan dan simulasi antena ini terdiri dari enam buah antena yang akan dirancang dan dibandingkan

Tabel 5. Nilai *Return loss* dan *VSWR* *Wearable Antenna*

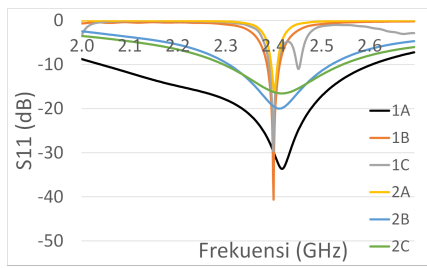
Antena	S11 (dB)	VSWR
1A	-28.78	1.07
1B	-21.3	1.18
1C	-31.72	1.05
2A	-11.01	1.78
2B	-19.14	1.24
2C	-16.08	1.37

Tabel 6. Gambar *Wearable antenna* yang Telah Difabrikasi

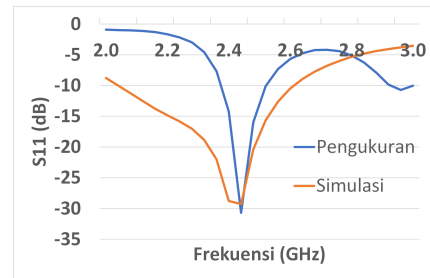
Antena	Gambar	
	Depan	Belakang
1A		
1B		
1C		
2A		
2B		
2C		

hasil simulasinya. Apabila hasil simulasi menunjukkan nilai yang tidak optimal, maka dilakukan optimasi untuk mencapai nilai yang optimal. Optimasi dilakukan dengan merubah dimensi antena yaitu menambah atau mengurangi lebar dan panjang *inset feed* (*yo*) serta lebar dan panjang *feedline* (*Wf* dan *Lf*) dari *patch* antena (*Wp* dan *Lp*). Jika hasil simulasi dari keenam buah antena tersebut sudah memiliki frekuensi resonansi di 2,4 GHz maka tahap selanjutnya adalah fabrikasi menggunakan bahan substrat batik dan juga *copper tape* yang diukur sesuai dengan dimensi yang telah didapatkan.

Antena mikrostrip terdiri atas tiga struktur penyusun utama diantaranya *patch* sebagai elemen peradiasi, *substrate* sebagai komponen dielektrik, dan *groundplane* sebagai reflektor [3]. Dari hasil simulasi keenam antena tersebut, didapatkan nilai *return loss*  $\leq -10$  dB pada pita frekuensi 2,4 GHz. Gambar 4 memperlihatkan kurva S11 sedangkan Tabel 5



**Gambar 4. S11 Parameter Simulasi 6 Percobaan Antena**



**Gambar 5. S11 Hasil Simulasi dan Pengukuran Antena Dengan Akurasi Paling Tinggi**

**Tabel 7. Nilai Akurasi Wearable Antenna**

ANTENA	Frekuensi (MHz)	S11 (dB)	Selisih Dengan 2,4 GHz	Akurasi (%)
1A	2420	-30,68	20 MHz	99,17
1B	5961	-20,6	3,561 MHz	51,63
1C	6970	-20,87	4,570 MHz	9,58
2A	5750	-17,09	3,350 MHz	60,42
2B	4140	-15,47	1,740 MHz	27,5
2C	2924	-12,32	524 MHz	78,17

memperlihatkan nilai S11 dan VSWR masing-masing percobaan antena pada pita frekuensi 2,4 GHz.

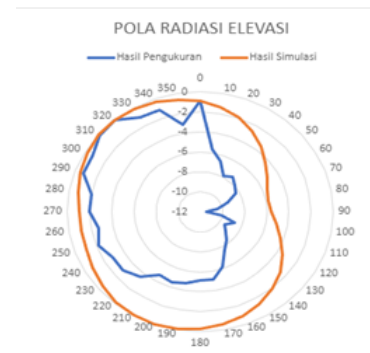
### 2.3 Fabrikasi Antena

Setelah antenna difabrikasi maka dilakukan pengukuran untuk membandingkan nilai S11 hasil pengukuran dan simulasinya. Spesifikasi dari *wearable antenna* yang dirancang yaitu memiliki *return loss* dan VSWR yang baik pada frekuensi kerja 2,4 GHz. Dari keenam antenna tersebut terlihat bahwa *return loss* dan VSWR sudah memenuhi spesifikasi. Maka dilanjutkan dengan fabrikasi antenna menggunakan bahan batik sebagai substrat dan *copper tape* sebagai *patch* dan *groundplane*. Hasil fabrikasi dari masing-masing antena dapat dilihat pada Tabel 6.

## 3. Hasil dan Validasi Data

### 3.1 Hasil Pengukuran Seluruh Antena

Dari keenam antenna yang sudah difabrikasi, dilakukan pengukuran menggunakan *Vector Network Analyzer* (VNA) untuk dibandingkan hasil frekuensi kerja dan besar *return loss* serta melihat akurasi dari hasil simulasi dan pengukuran. Hasil dari pengukuran keenam antenna dapat dilihat pada Tabel 7. Dari keenam percobaan antenna, antenna 1A adalah antenna yang memiliki tingkat kemiripan yang sangat tinggi dengan tingkat akurasi mencapai 99,167%. Tingkat akurasi dihitung berdasarkan selisih antara frekuensi pengukuran dengan frekuensi hasil simulasi. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa material batik yang digunakan memiliki permitivitas dan *loss tangent* sebesar 2,083 dan 0,144 mengikuti hasil pengukuran pada antenna 1A. Ketebalan substrate yang digunakan adalah satu lapis yaitu sebesar 0,23 mm. Pada percobaan menggunakan 6 lapisan substrate dengan ketebalan 1,4mm, percobaan yang paling mendekati adalah 2C dengan nilai akurasi



**Gambar 6. Pola Radiasi Elevasi**

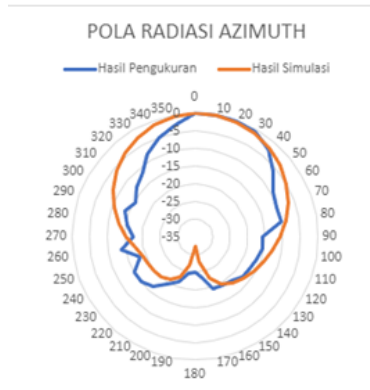
sebesar 78,17%, serta permitivitas dan *loss tangent* sebesar 2,195 dan 0,135. Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran antenna 1A dapat dilihat pada Gambar 5. Antena simulasi memiliki frekuensi kerja tepat di 2,4 GHz dengan S11 sebesar -29,27 dB, sedangkan untuk pengukuran memiliki frekuensi kerja tepat di 2,42 GHz dengan S11 sebesar -30,68 dB. Pergeseran dari pita frekuensi sebesar 20 MHz antara pengukuran dan simulasi diakibatkan oleh kepresisian pada saat mengambil nilai desimal dari proses ekstraksi nilai parameter permitivitas bahan substrat.

### 3.2 Hasil Pengukuran Parameter Radiasi

Pengukuran parameter radiasi antenna 1A dilakukan untuk melihat hasil pola radiasi, dan *gain*. Pengukuran pola radiasi dilakukan pada bidang azimuth dan elevasi dimana antenna diputar dari 0° – 360° setiap 10° secara horizontal. Perbandingan hasil pengukuran pola radiasi azimuth dan elevasi dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6. Berdasarkan gambar tersebut, terdapat perbedaan antara besar daya ternormalisasi pada arah elevasi. Hal tersebut berpotensi disebabkan oleh fluktuasi daya yang cukup besar pada bacaan alat ukur saat pengukuran pola radiasi yang diakibatkan oleh fleksibilitas dari bahan substrat. Sedangkan untuk arah Azimuth, hasil simulasi dan pengukuran cenderung lebih mirip. Berdasarkan hasil pengukuran antenna dapat disimpulkan memiliki pola radiasi *unidirectional*.

Nilai *gain* diperoleh dengan melakukan pengukuran





Gambar 7. Pola Radiasi Azimuth  
Tabel 8. Parameter Pengukuran Gain

Parameter Diketahui	Value
Gain Tx	9 dBi
Redaman Kabel Tx	-5 dB
Redaman Kabel Rx	-9,63 dB
Daya Terima	-37,35 dBm
Free Space Loss	-17,179 dB
<b>Gail Rx Diperoleh</b>	<b>8,34 dBi</b>

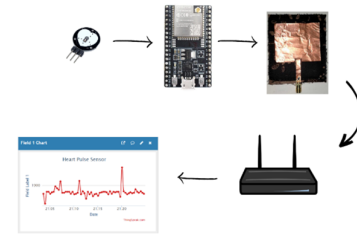
menggunakan *spectrum analyzer RF Explorer* dan *signal generator*. Sebuah antenna horn dengan bandwidth lebar digunakan sebagai antenna pengirim dan dihubungkan dengan *signal generator*, kemudian antenna yang diuji dihubungkan dengan *spectrum analyzer* dan dibaca daya terimanya. Selanjutnya dengan menggunakan *power link budget* dengan parameter sesuai dengan Tabel 8, diperoleh nilai gain sebesar 8,34 dBi. Nilai *gain* tersebut mendekati nilai *gain* simulasi sebesar 7,253 dBi. Adapun sedikit perbedaan berpotensi diakibatkan fluktuasi daya pada alat ukur pada saat dilakukan pengukuran daya terima.

### 3.3 Perbandingan Hasil

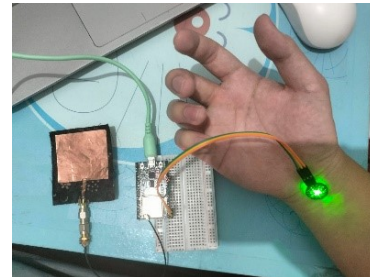
Untuk menekankan kontribusi dari metode yang digunakan perbandingan dengan metode lain dapat dilihat pada Tabel 9. Berdasarkan hasil perbandingan, metode yang digunakan menunjukkan nilai akurasi tertinggi dibandingkan metode yang lain. Hasil dari ekstraksi material dengan menggunakan metode CSRR menunjukkan material batik yang digunakan memiliki konstanta dielektrik 2,083, dan *loss tangent* 0,144 dengan *offset* sebesar 20 MHz atau tingkat keakuratan sebesar 99,17%.

### 3.4 Validasi Data

Metode validasi yang yang digunakan pada penelitian kali ini adalah penggunaan *Wearable antenna* yang dikembangkan untuk mengirimkan data sensor denyut jantung melalui ESP32 sebagai *Access Point* yang terhubung ke jaringan *WiFi*, dan kemudian



Gambar 8. Konfigurasi Alat Pengiriman Data Denyut Jantung



Gambar 9. Pengujian Sistem

mentransmisikan data tersebut ke *Thingspeak*, sebuah platform *website* untuk mengumpulkan dan menganalisis data sensor. ESP32 adalah platform pengembangan perangkat keras *Internet of Things (IoT)* populer yang dikembangkan oleh *Espressif Systems*. Dilengkapi dengan modul *WiFi* dan *Bluetooth* yang kuat, memungkinkan perangkat ESP32 berfungsi sebagai *Access Point (AP)*[15]. Sebagai *Access Point*, ESP32 dapat bertindak sebagai *Wireless Access Point* untuk menghubungkan perangkat lain ke jaringan *WiFi*. Saat diatur sebagai titik akses, ESP32 akan membuat jaringan *WiFi* sendiri dengan SSID (Pengenal Set Layanan) tertentu yang ditentukan oleh pengguna. Perangkat lain, seperti *smartphone* atau komputer, dapat mencari jaringan *WiFi* ini dan terhubung ke ESP32 sebagai klien [16]. Konfigurasi perangkat dapat dilihat pada Gambar 8, sedangkan Gambar 9 memperlihatkan proses pengujian alat. Gambar 10 memperlihatkan tampilan pada saat sensor mengirimkan data ke *Thingspeak* setiap interval 15 detik. Dengan begitu, dapat disimpulkan antenna dapat digunakan untuk mengirim data denyut jantung secara *wireless*.

## 4. Kesimpulan

Identifikasi karakteristik *wearable antenna* dengan substrat batik dibahas pada penelitian ini. Penelitian ini memfokuskan pada ekstraksi permitivitas dan *loss tangent* material batik sebagai substrat *wearable antenna* untuk pengiriman data denyut jantung yang menjadi bagian dari pemeriksaan tanda tanda vital oleh tenaga kesehatan. Metode yang dipakai untuk ekstraksi karakteristik material batik dengan menggunakan



**Gambar 10. Validasi Sistem Menggunakan ThingSpeak**

**Tabel 9. Perbandingan Dengan Metode Lain**

Reference	Teknik Ekstraksi	Frekuensi Resonansi	Akurasi
[6]	Teknik Ring Resonator	4,69 GHz	97,95%
[8]	Saluran Transmisi Berbasis Eлектron	2,45 GHz	97,51%
[17]	Parallel Interdigital Capacitor-Based Planar	2,51 GHz	95,63%
[18]	Coupled Line Section	1,5 GHz	94,67%
Makalah ini	CSRR	2,4 GHz	99,17%

metode CSRR terbukti efektif dalam mengidentifikasi permitivitas dan *loss tangent* dari material. Dari keenam percobaan, permitivitas dan *loss tangent* sebesar 2,083 dan 0,144 diperoleh dengan tingkat akurasi sebesar 99,167%. Antena dengan karakteristik material tersebut kemudian divalidasi untuk pengiriman data denyut jantung dengan metode *Access Point* menggunakan ESP32 dan sensor denyut jantung. Dengan demikian penelitian ini dengan *prototype wearable antenna* menggunakan batik sebagai substrat telah menunjukkan bahwa pengekstraksian material batik akurat dan dapat digunakan sebagai desain *wearable antenna* untuk pengiriman data denyut jantung.

**Daftar Pustaka**

[1] N. H. M. Rais, P. J. Soh, F. Malek, S. Ahmad, N. Hashim, and P. Hall, "A review of wearable antenna," in *2009 Loughborough Antennas Propagation Conference*. IEEE, Nov. 2009. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/lapc.2009.5352373>

[2] D. Rathee, S. Rangi, S. K. Chakarvarti, and V. R. Singh, "Recent trends in wireless body area network (WBAN) research and cognition based adaptive WBAN architecture for healthcare," *Health and Technology*, vol. 4, no. 3, pp. 239–244, May 2014. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s12553-014-0083-x>

[3] S. Salsabila, H. H. Ryanu, L. O. Nur, and B. S. Nugroho, "Textile antenna with electromagnetic band gap structure at frequency 3.5 GHz 5g band," in *2022 27th Asia Pacific Conference on Communications (APCC)*. IEEE, Oct. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/apcc55198.2022.9943561>

[4] R. Salvado, C. Loss, R. Gonçalves, and P. Pinho, "Textile materials for the design of wearable antennas: A survey," *Sensors*, vol. 12, no. 11, pp. 15 841–15 857, Nov. 2012. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/s121115841>

[5] D. Ferreira, P. Pires, R. Rodrigues, and R. F. Caldeirinha, "Wearable textile antennas: Examining the effect of bending on their performance," *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 59, no. 3, pp. 54–59, Jun. 2017. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/map.2017.2686093>

[6] J. O. Abolade, D. B. Konditi, and V. M. Dharmadhikary, "Comparative study of textile material characterization techniques for wearable antennas," *Results in Materials*, vol. 9, p. 100168, Mar. 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.rinma.2021.100168>

[7] S. A. Komarov, A. S. Komarov, D. G. Barber, M. J. L. Lemes, and S. Rysgaard, "Open-ended coaxial probe technique for dielectric spectroscopy of artificially grown sea ice," *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 54, no. 8, pp. 4941–4951, Aug. 2016. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/tgrs.2016.2553110>

[8] F. Declercq and H. Rogier, "Characterization of electromagnetic properties of textile materials for the use in wearable antennas," in *2009 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, 2009, pp. 1–4.

[9] M. S. Boybay and O. M. Ramahi, "Material characterization using complementary split-ring resonators," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 61, no. 11, pp. 3039–3046, nov 2012. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109%2Ftim.2012.2203450>

[10] R. Hopkins and C. Free, "Equivalent circuit for the microstrip ring resonator suitable for broadband materials characterisation," *IET Microwaves, Antennas Propagation*, vol. 2, no. 1, pp. 66–73, feb 2008. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1049%2Fiet-map%3A20070039>

[11] C.-S. Lee and C.-L. Yang, "Complementary splitting resonators for measuring dielectric constants

- and loss tangents,” *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 24, no. 8, pp. 563–565, aug 2014. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109%2Fmwc.2014.2318900>
- [12] V. Öznazlı and V. B. Ertürk, “On the use of split-ring resonators and complementary split-ring resonators for novel printed microwave elements: Simulations, experiments and discussions,” 2007.
- [13] D. Rusdiyanto, C. Apriono, D. W. Astuti, and M. Muslim, “Bandwidth and gain enhancement of microstrip antenna using defected ground structure and horizontal patch gap,” *SINERGI*, vol. 25, no. 2, p. 153, feb 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.22441%2Fsinergi.2021.2.006>
- [14] A. Bansal and R. Gupta, “A review on microstrip patch antenna and feeding techniques,” *International Journal of Information Technology*, vol. 12, no. 1, pp. 149–154, mar 2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007%2Fs41870-018-0121-4>
- [15] A. Maier, A. Sharp, and Y. Vagapov, “Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the internet of things,” in *2017 Internet Technologies and Applications (ITA)*. IEEE, sep 2017. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109%2Fitecha.2017.8101926>
- [16] C.-Y. Chang, C.-H. Kuo, J.-C. Chen, and T.-C. Wang, “Design and implementation of an IoT access point for smart home,” *Applied Sciences*, vol. 5, no. 4, pp. 1882–1903, dec 2015. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390%2Fapp5041882>
- [17] C. Wang, L. Ali, F.-Y. Meng, K. K. Adhikari, Z. L. Zhou, Y. C. Wei, D. Q. Zou, and H. Yu, “High-accuracy complex permittivity characterization of solid materials using parallel interdigital capacitor-based planar microwave sensor,” *IEEE Sensors Journal*, vol. 21, no. 5, pp. 6083–6093, mar 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109%2Fjsen.2020.3041014>
- [18] I. Piekarz, J. Sorocki, K. Wincza, and S. Gruszczynski, “Microwave sensors for dielectric sample measurement based on coupled-line section,” *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 65, no. 5, pp. 1615–1631, may 2017. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109%2Ftmtt.2016.2641438>