

Fabrikasi Antena Reconfigurable Wearable Menggunakan Pin Dioda Dengan Bahan Perban Dan Katun

1st Lenggana Bayu Ajie
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
lengganab@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Levy Olivia Nur
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
levyolivia@telkomuniversity.ac.id

3rd Bambang Setia Nugroho
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
bambangsetianugroho@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Pada penelitian ini antena *reconfigurable* sebagai komponen utama untuk alat penunjang kesehatan Penyakit Tidak Menular (PTM) di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk menciptakan perangkat *wearable* dengan harga terjangkau dengan bahan fleksibel dan nyaman digunakan pada tubuh manusia. Antena dirancang menggunakan *switch* elektrik dioda PIN dan NodeMCU ESP8266 sebagai remot untuk beralih antara frekuensi 4G dan 5G. Inovasi ini diharapkan untuk mengurangi biaya produksi alat penunjang kesehatan dan meningkatkan aksesibilitas bagi pengguna.

Kata Kunci—Antena Reconfigurable, Wearable, 4G, 5G

I. PENDAHULUAN

Penyakit Tidak Menular (PTM) yang sering dihadapi oleh masyarakat Indonesia meliputi hipertensi, diabetes melitus, kanker dan penyakit jantung. Teknologi *wearable* memberikan solusi inovatif untuk memantau kesehatan manusia, terutama dalam pemantauan Penyakit Tidak Menular (PTM). Perangkat medis yang diintegrasikan kedalam teknologi *wearable* berpotensi untuk meningkatkan pemantauan kesehatan dan pengelolaan penyakit secara efektif. Perkembangan teknologi memungkinkan pertukaran informasi jarak jauh bisa lebih cepat dan efisien, sehingga pengguna dapat dengan mudah terhubung dan berinteraksi dengan siapa saja dan dimana saja. Infrastruktur jaringan di Indonesia juga telah mengalami peningkatan, dengan jaringan 4G yang menjangkau hampir seluruh wilayah di Indonesia dan jaringan 5G yang mulai diperluas di kota-kota besar. Frekuensi 1.8GHz digunakan paling banyak di Indonesia, sementara frekuensi 3.5GHz dianggap paling cocok digunakan di Indonesia. Antena ini memiliki peran krusial sebagai perangkat yang memungkinkan pengiriman dan penerimaan sinyal informasi dalam komunikasi jarak jauh. Antena sendiri adalah elemen kunci dalam teknologi *wearable*, berfungsi sebagai penghubung vital untuk komunikasi nirkabel yang sangat diperlukan dalam pengembangan perangkat *wearable*. Antena yang terintegrasi dengan baik dan dapat diatur ulang (*reconfigurable*) memiliki peran krusial dalam

mendukung aplikasi medis pada perangkat *wearable*. Fleksibilitas dan adaptabilitas yang dimiliki antena *reconfigurable* memungkinkan optimalisasi kinerja komunikasi nirkabel untuk berbagai kebutuhan medis. Penelitian ini bertujuan untuk mendalami dan mengembangkan teknologi antena *reconfigurable* yang dapat diintegrasikan ke dalam perangkat *wearable* untuk penunjang aplikasi medis. Dalam konteks ini menyajikan antena dengan menggunakan bahan perban dan katun yang bersifat *wearable* dan dapat dikonfigurasi ulang frekuensinya (*reconfigurable*) dengan menggunakan PIN dioda.

II. DESAIN ANTENA

A. Bahan Yang Digunakan

Antena *microstrip* yang di rancang terdiri dari tiga komponen utama: *Patch*, substrat, dan *groundplane*. Substrat yang digunakan adalah *Cotton Combed 20s* dan perban. Bahan katun yang digunakan memiliki *dielectric constant*, *tangent loss*, dan tebal sebesar 1.3, 0.0058S/m, dan 0.4mm secara berurutan. Dan Bahan perban memiliki *dielectric constant* 1.6 dan nilai *loss tangent* yaitu 0.04 dengan tebal tiap lembarnya 0.8mm. Bahan ini dipilih karena fleksibilitas dan kenyamanannya serta umum digunakan dalam bidang medis. Bahan tersebut menawarkan kombinasi optimal antara kinerja teknis dan kenyamanan pengguna.

B. Spesifikasi Antena

Antena ini dirancang untuk beroperasi pada frekuensi kerja 1.8GHz dan 3.5GHz. Terdapat beberapa parameter yang harus dipenuhi yaitu nilai *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) diantara 1 dan 2 untuk hasil yang optimal dalam transmisi dan penerimaan sinyal, nilai *bandwidth* yang lebih dari 100MHz untuk mentransmisikan data dengan kecepatan tinggi dengan kapasitas yang memadai, dan nilai *gain* lebih dari 3dB untuk memastikan bahwa sinyal yang dikirim dan diterima memiliki kecepatan yang optimal. Spesifikasi lengkap dan mengenai perancangan antena dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

No	Hal	Rincian
1	Frekuensi Operasi	Frekuensi operasi yang diinginkan 1,8GHz dan 3,5GHz
2	Nilai S11	S11 yang ingin dicapai ≤ -10 dB
3	VSWR	VSWR yang ingin dicapai $1 < VSWR < 2$
4	Bandwidth	Bandwidth yang ingin dicapai > 100 MHz
5	Gain	Gain yang ingin dicapai ≥ 3 dBi
6	SAR	Nilai SAR maksimal adalah 1.6 W/kg untuk 10 gram jaringan tubuh
7	Bahan Antena	Perban dan katun

GAMBAR 1. Spesifikasi Antena

C. Dimensi Antena

Patch di dirancang dengan menggunakan dua *patch* berbentuk lingkaran yang dihubungkan dengan empat PIN dioda untuk bekerja pada frekuensi 1.8GHz dan 3.5GHz. Nilai jari-jari *patch* diperoleh dari hasil perhitungan dibawah ini.

$$\alpha = \frac{F}{\sqrt{1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1,7726 \right]}}$$

Pada desain ini, substrat dan *groundplane* memiliki ukuran yang sama. Nilai substrat dan *groundplane* diperoleh dari hasil perhitungan dibawah ini.

$$W = 6h + W$$

$$L = 6h + L$$

Dari rumus perhitungan diatas, didapatkan dimensi awal antena. Namun, hasil yang diperoleh belum optimal dan kurang baik maka dilakukanlah optimasi. Tujuan dari optimasi ini untuk mendapatkan nilai kinerja maksimal yang bisa didapatkan dari desain yang diinginkan. Parameter dimensi dari antena yang telah dioptimasi dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

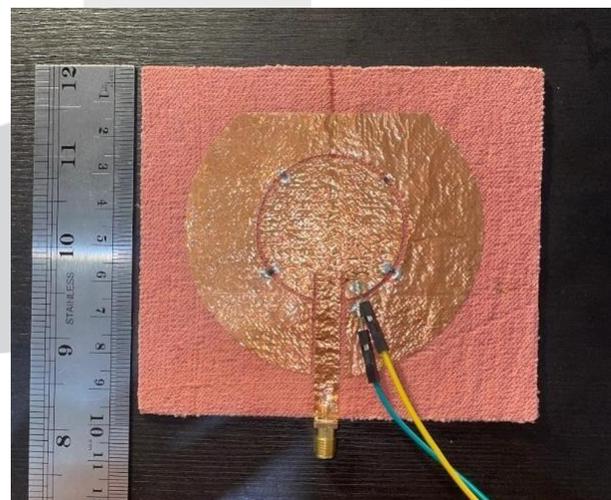
Katun	
Parameter	Nilai (mm)
wg	110
lg	103
a1	21,6
a2	34,8
wf	4
lf	40
f	1,2
y	9,3
h	1,6 (4 Lapis)
Posisi Diode	45 derajat

GAMBAR 2. Dimensi Antena Bahan Katun

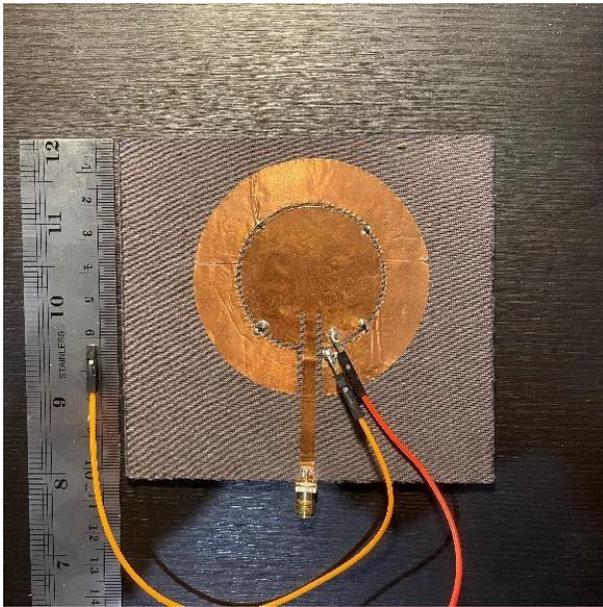
Perban	
Parameter	Nilai (mm)
wg	106,7
lg	97
a1	19,8
a2	39,8
wf	7
lf	32
f	1
y	7
h	1,6 (2 Lapis)
Posisi Diode	45 derajat

GAMBAR 3. Dimensi Antena Bahan Perban

Pada desain ini, empat PIN dioda diimplementasikan dengan sudut presisi 45 derajat untuk mengalihkan frekuensi kerja antena dari 3.5GHz ke 1.8GHz secara signifikan. Penempatan PIN dioda dengan sudut presisi 45 derajat memastikan bahwa antena dapat beroperasi dengan optimal pada frekuensi 1.8GHz dan 3.5GHz. Penggunaan empat PIN dioda memberikan fleksibilitas dan kontrol dalam mengonfigurasi antena untuk beroperasi secara optimal pada frekuensi yang berbeda secara signifikan. Untuk mengoptimalkan kinerja antena pada frekuensi 1.8GHz, bagian atas *patch* antena yang difabrikasi menggunakan bahan perban di potong secara presisi. Hasil akhir dari perancangan ini yang mencakup semua perubahan dan hasil optimasi yang telah dilakukan, dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Gambar tersebut memberikan gambaran visual yang detail mengenai perubahan yang telah dilakukan untuk mencapai hasil yang optimal, mulai dari penyesuaian *patch* antena hingga penempatan PIN dioda. Hasil fabrikasi dari antena ini memenuhi spesifikasi serta dapat beroperasi sesuai dengan frekuensi yang diinginkan.



GAMBAR 4. Desain Antena Bahan Perban



GAMBAR 5.
Desain Antena Bahan Katun

III. HASIL DAN ANALISIS

A. Hasil Pengujian S11 dan VSWR Bahan Perban dan Katun

Hasil pengujian yang dilakukan pada saat *switch off* diperoleh nilai S11 dan VSWR terbaik pada frekuensi 3.4GHz dengan masing-masing nilai -21.02dB dan 1.1261. Sedangkan, pada frekuensi 1.8GHz diperoleh nilai S11 -14.389B. Bandwidth yang dihasilkan sebesar 942MHz.



GAMBAR 6.
S11 Perban 3.5GHz



GAMBAR 7.
VSWR Perban 3.5GHz

Hasil pengujian yang dilakukan pada saat *switch on* diperoleh nilai S11 dan VSWR terbaik pada frekuensi 2.0GHz dengan masing-masing nilai -33.66dB dan 1.2116. Sedangkan, pada frekuensi 1.8GHz diperoleh nilai S11 -8.620B. Bandwidth yang dihasilkan sebesar 169MHz.

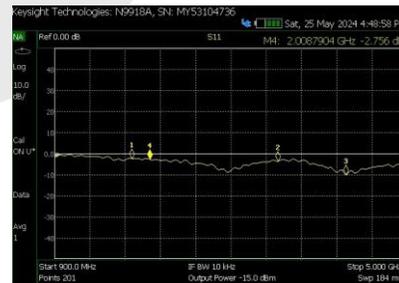


GAMBAR 8.
S11 Perban 1.8GHz



GAMBAR 9.
VSWR Perban 1.8GHz

Hasil pengujian yang dilakukan pada saat *switch off* diperoleh nilai S11 dan VSWR terbaik pada frekuensi 2.9GHz dengan masing-masing nilai -9.0007dB dan 2.0011 hasil belum sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Nilai VSWR ini masih berada pada batas yang dapat diterima dan sangat mendekati spesifikasi yang diinginkan. Nilai VSWR yang ideal seharusnya mendekati 1 yang menunjukkan antenna beroperasi secara optimal. Dengan melakukan penyesuaian yang tepat, antenna dapat dikonfigurasi ulang (*reconfigurable*) sesuai spesifikasi dan memungkinkan pengoperasian yang sesuai dengan frekuensi yang diinginkan.



GAMBAR 10.
S11 Katun 3.5GHz

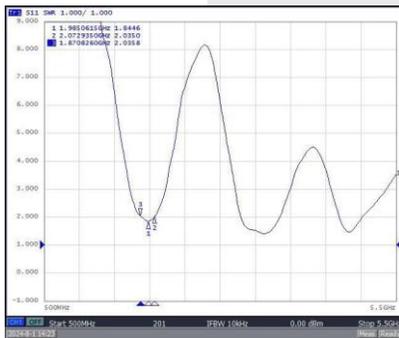


GAMBAR 11.
VSWR Katun 3.5GHz

Hasil pengujian yang dilakukan pada saat *switch on* diperoleh nilai S11 dan VSWR terbaik pada frekuensi 1.9GHz dengan masing-masing nilai -11.96dB dan 1.8446. Bandwidth yang dihasilkan sebesar 114MHz.



GAMBAR 12.
S11 Katun 1.8GHz



GAMBAR 13.
VSWR Katun 1.8GHz

B. Gain

Hasil	Perban 3.5GHz	Perban 1.8GHz
Gain Simulasi	8.13	7.31
Gain Pengukuran	7.18	3.82

GAMBAR 14.
Gain Perban

Hasil pengukuran gain pada frekuensi 3.5GHz, gain yang diperoleh sudah cukup baik, meskipun terdapat penurunan nilai *bandwidth* dibandingkan dengan hasil simulasi. Pada

frekuensi 1.8GHz, terjadi penurunan menjadi 3.82dBi. Namun, tetap optimal karena masih di atas 3dBi.

Hasil	Katun 3.5GHz	Katun 1.8GHz
Gain Simulasi	5.85	4.96
Gain Pengukuran	3.32	2.91

GAMBAR 15.
Gain Katun

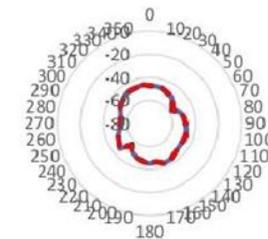
Hasil pengukuran gain pada frekuensi 3.5GHz, gain yang diperoleh sudah baik, meskipun terdapat penurunan nilai *bandwidth* dibandingkan dengan hasil simulasi. Pada frekuensi 1.8GHz, gain yang didapatkan 2.91dBi, masih di bawah 3dBi. Nilai tersebut menunjukkan bahwa antenna belum optimal pada frekuensi 1.8GHz

C. Polarisasi

Polarisasi adalah sifat gelombang elektromagnetik yang menggambarkan orientasi medan listrik saat gelombang merambat. Jenis polarisasi yang kami dapatkan adalah jenis elips.

Penerimaan Daya Perban 3.5GHz

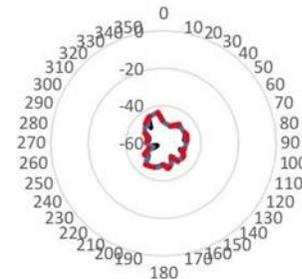
- Penerima Daya Minimum
- Penerima Daya Rata-Rata
- Penerima Daya Maksimum



GAMBAR 16.
Polarisasi Perban 3.5GHz

Penerimaan Daya Perban 1.8GHz

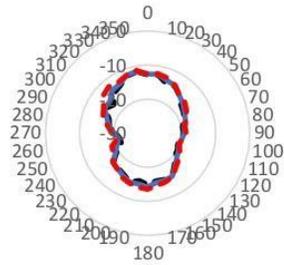
- Penerima Daya Minimum
- Penerima Daya Rata-Rata
- Penerima Daya Maksimum



GAMBAR 17.
Polarisasi Perban 1.8GHz

Penerimaan Daya Katun 3.5GHz

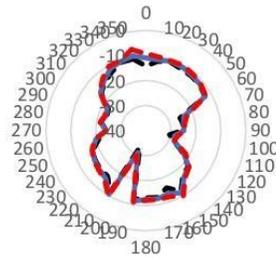
- Penerima Daya Minimum
- Penerima Daya Rata-Rata
- Penerima Daya Maksimum



GAMBAR 18.
Polarisasi Katun 3.5GHz

Penerimaan Daya Katun 1.8GHz

- Penerima Daya Minimum
- Penerima Daya Rata-Rata
- Penerima Daya Maksimum



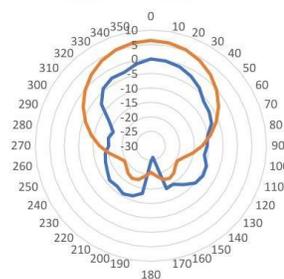
GAMBAR 19.
Polarisasi Katun 1.8GHz

D. Polaradiasi

Polaradiasi adalah grafis yang ditunjukkan dari distribusi sinyal yang dipancarkan atau diterima ke berbagai arah oleh sebuah antena. Kekuatan sinyal dapat berubah berdasarkan sudut dari antena, azimuth ataupun elevasi.

Perban Azimuth 3.5GHz

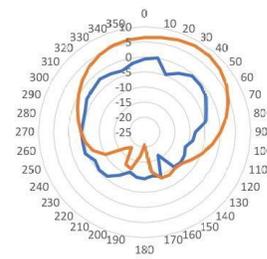
- Fabrikasi
- Simulasi



GAMBAR 20.
Polaradiasi Azimuth Perban 3.5GHz

Perban Elevasi 3.5GHz

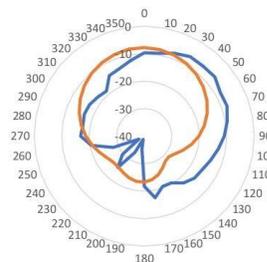
- Fabrikasi
- Simulasi



GAMBAR 21.
Polaradiasi Elevasi Perban 3.5GHz

Perban Azimuth 1.8 GHz

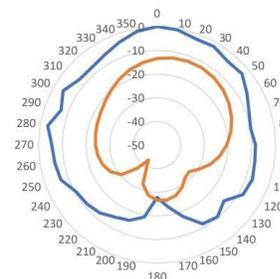
- Fabrikasi
- Simulasi



GAMBAR 22.
Polaradiasi Azimuth Perban 1.8GHz

Perban Elevasi 1.8 GHz

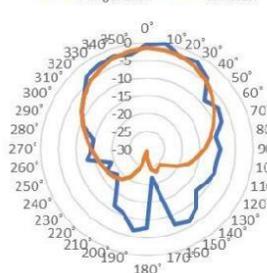
- Fabrikasi
- Simulasi



GAMBAR 23.
Polaradiasi Elevasi Perban 1.8GHz

Katun Azimuth 3.5GHz

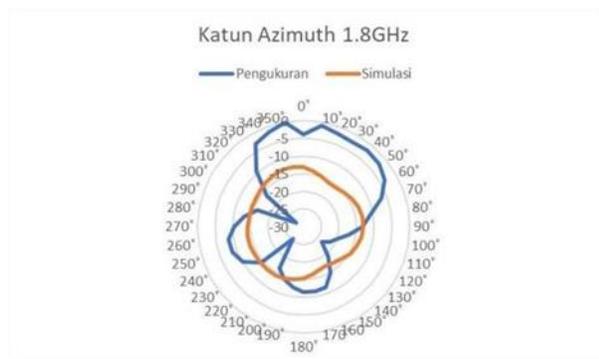
- Pengukuran
- Simulasi



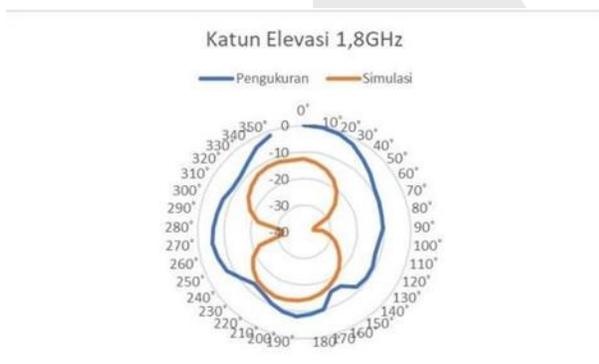
GAMBAR 24.
Polaradiasi Azimuth Katun 3.5GHz



GAMBAR 25.
Polaradiasi Elevasi Katun 3.5GHz



GAMBAR 26.
Polaradiasi Azimuth Katun 1.8GHz



GAMBAR 27.
Polaradiasi Elevasi Katun 1.8GHz

IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dilakukan simulasi dan fabrikasi antena *reconfigurable wearable* menggunakan bahan katun dan perban. Hasil simulasi untuk setiap parameter sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Terdapat perbedaan antara hasil simulasi dan hasil fabrikasi yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti ketebalan substrat yang tidak sesuai, dimensi *coppertape* dan penempatan PIN dioda yang kurang presisi, serta karakteristik bahan yang disimulasikan tidak sesuai dengan karakteristik nyata.

- [1] M. Wahidin, R. I. Agustiya, and G. Putro, "Beban penyakit dan program pencegahan dan pengendalian penyakit tidak menular di Indonesia," *J Epidemiol Kesehat Indones*, vol. 6, no. 2, pp. 105–12, 2023.
- [2] Y. Ouyang and W. J. Chappell, "High frequency properties of electro textiles for wearable antenna applications," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 56, no. 2, pp. 381–389, 2008.
- [3] M. S. Amin Nordin, N. H. A. Rahman, M. T. Ali, A. A. Sharatol Ahmad Shah, and M. R. Ahmad, "Full-wave electromagnetic simulation of antenna on electro-textile and accurate measurement of dielectric properties through precise adjustable jig," in *Proceedings of 2017 Asia Pacific Microwave Conference*, Shah Alam, Malaysia, Nov. 2017, pp. 1-4.
- [4] F. Zhu and K. Li, "Determining effective thermal conductivity of fabrics by using fractal method," *International Journal of Thermophysics*, vol. 31, pp. 612-619, May 2010, doi: 10.1007/s10765-010-0741-9.
- [5] Y. Ouyang and W. J. Chappell, "High frequency properties of electro- textiles for wearable antenna applications," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 56, no. 2, pp. 381-389, Feb. 2008.
- [6] L. Vähä-Savo, C. Cziezerski, M. Heino, K. Haneda, C. Icheln, A. Hazmi, and R. Tian, "Empirical evaluation of a 28 GHz antenna array on a 5G mobile phone using a body phantom," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, doi: 10.1109/TAP.2021.3076535.